

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-303114

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 09-121757

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 23.04.1997

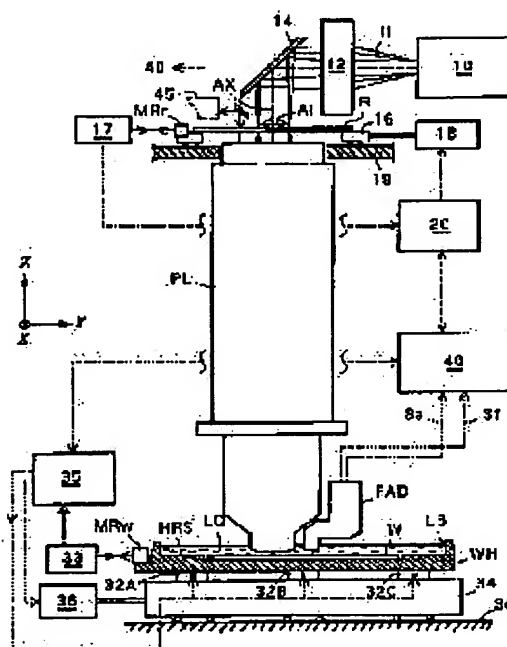
(72)Inventor : USHIDA KAZUO
SUWA KYOICHI

(54) IMMERSION ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an immersion aligner which does not cause the deterioration of its image forming performance.

SOLUTION: An immersion aligner which is provided with a projection optical system PL which transfers a pattern Pa drawn on a reticle R to the surface of a wafer W and print-transfers the pattern Pa, and in which at least part of the working distance L between the lens surface Pe of the optical system PL closest to the wafer W and the wafer W, is filled up with a liquid LQ which transmits exposing light IL is constituted so that the working distance L may meet a relation, $L \leq \lambda / (0.3 \times \bar{N})$ (where, λ and N ($1/^{\circ}\text{C}$) respectively represent the wavelength of the light IL and the temperature coefficient of the refractive index of the liquid LQ). In addition, the liquid LQ is prepared by adding an additive which reduces the surface tension of pure water or increases the interface activity of the pure water to the pure water.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3747566

[Date of registration]

09.12.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It has the projection optical system which carries out the printing imprint of the pattern drawn on reticle on a wafer. In the immersion photolithography system which filled at least the part of the working distances between the lens side which approached the wafer of this projection optical system most, and said wafer with the liquid which penetrates exposure light When the die length of said working distance is set to L , wavelength of said exposure light is set to λ and the temperature coefficient of the refractive index of said liquid is set to N ($1/\text{degree C}$), it is $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$.

The immersion photolithography system characterized by forming so that it may become.

[Claim 2] It has the projection optical system which carries out the printing imprint of the pattern drawn on reticle on a wafer. In the immersion photolithography system which filled at least the part of the working distances between the lens side which approached the wafer of this projection optical system most, and said wafer with the liquid which penetrates exposure light The immersion photolithography system characterized by using what added the additive which decreases the surface tension of pure water or increases whenever [surface activity / of pure water] as said liquid to said pure water.

[Claim 3] The immersion photolithography system according to claim 1 or 2 whose die-length L of said working distance is 2mm or less.

[Claim 4] The immersion photolithography system according to claim 1, 2, or 3 which synchronized with the velocity ratio corresponding to the scale factor of said projection optical system, and has arranged said reticle and wafer possible [a scan] to uniform velocity.

[Claim 5] The immersion photolithography system according to claim 1, 2, 3, or 4 using the light of an ultraviolet area as said exposure light.

[Claim 6] The immersion photolithography system according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 which formed the soffit side of the lens-barrel which forms the optical surface by the side of the wafer of the head optical element by the side of a wafer in a plane most, and holds said head optical element of said projection optical system so that the same flat surface as said optical surface might be made, and beveled to the soffit peripheral face of said lens-barrel.

[Claim 7] The immersion photolithography system according to claim 6 said whose head optical element is a parallel plate.

[Claim 8] The immersion photolithography system of claim 1-7 given in any 1 term which held said wafer on the holder table, set up the wall on the top-face periphery of said holder table so that working distance could be filled with said liquid, prepared the liquid supply unit so that said liquids could be supplied and collected in said holder table, and prepared the both sides of said holder table and a liquid supply unit the heat regulator.

[Claim 9] The immersion photolithography system of claim 1-7 given in any 1 term which attached the rise-and-fall driving gear in said pin so that said wafer is held by the wafer chuck, a wall is set up on the top-face periphery of said wafer chuck so that working distance can be filled with said liquid, said wafer chuck might be penetrated, at least three pins might be prepared and said wafer could be lifted above said wafer chuck.

[Claim 10] The immersion photolithography system of claim 1-7 given in any 1 term which attached the rise-and-fall driving gear in said wafer chuck so that said wafer is held by the wafer chuck, a wall is set up on the top-face periphery of said wafer chuck so that working distance can be filled with said liquid, said wafer chuck might be penetrated, at least three pins might be prepared and the upper bed of said wall of a wafer chuck could be made lower than the soffit of said projection optical system.

[Claim 11] The immersion photolithography system of claim 1-10 given in any 1 term which avoided interference with the soffit part of a projection optical system by preparing the fluid-tight door section which

can be freely opened and closed to said a part of wall.

[Claim 12] The immersion photolithography system of claim 1-11 given in any 1 term which established the protection means so that it might be isolated from the steam which emits the flux of light which carries out incidence of the mirror for interferometers to installation and this mirror, and is reflected in the side face of said projection optical system from said liquid.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates especially to the aligner of an immersion type about the aligner which bakes the pattern drawn on reticle on a wafer according to a projection optical system.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although spacing between the last lens side of optical system and the image surface was called working distance, the working distance of the projection optical system of the conventional aligner was filled with air. As for this working distance, it was common to have taken 10mm or more on account of making autofocus optical system intervene etc. On the other hand, the detailed-ization is desired increasingly and it is necessary to attain short wavelength-ization of exposure wavelength for that purpose, or to aim at buildup of numerical aperture about the pattern imprinted to a wafer. However, since there is a limit in the class of glass ingredient which penetrates the light of short wavelength, the aligner of the immersion type which attains detailed-ization of an exposure pattern is proposed by filling working distance with a liquid and aiming at buildup of numerical aperture.

[0003] In the aligner of an immersion type, there is a possibility that distribution may arise in a refractive index according to the temperature distribution of the liquid made to be placed between working distances. Then, the following techniques are proposed as a cure to degradation of the image formation engine performance resulting from the temperature change of a liquid. That is, the technique indicated by drawing 3 of a U.S. Pat. No. 4,346,164 number is proposed according to the temperature stability device of a liquid (**) as what attains stabilization of temperature, and the technique indicated by JP,6-124873,A is proposed as what attains equalization of temperature by the excitation agitator style. Moreover, measuring temperature or a refractive index to JP,6-124873,A similarly as what is fed back to temperature control according to the temperature monitor device of a liquid (being) is proposed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However (**), if it sets and how many temperature is stabilized, as shown below actually, the temperature control in the precision which is hard to be referred to as realistic is needed [the argument referred to as whether it is satisfactory practically is not accomplished, but]. moreover -- (-- it is --) -- ***** -- if it takes into consideration that the temperature ununiformity of a liquid influences the image formation engine performance most, it will be hard to call it an effective cure. Thus, it was in the situation which cannot be conventionally referred to as that there is no example which mentioned the constraint about the optical parameter of a projection optical system like working distance itself in the well-known technique about an immersion photolithography system, and the special conditions of an immersion type are taken into consideration. Therefore, this invention makes easy temperature control of the liquid which fills working distance, and makes it a technical problem to offer the immersion photolithography system which does not cause degradation of the image formation engine performance.

[0005]

[Means for Solving the Problem] It is made in order that this invention may solve the above-mentioned technical problem. It has the projection optical system which carries out the printing imprint of the pattern drawn on reticle on a wafer. In the immersion photolithography system which filled at least the part of the working distances between the lens sides and wafers which approached the wafer of this projection optical system most with the liquid which penetrates exposure light When the die length of working distance is set to L, wavelength of exposure light is set to λ and the temperature coefficient of the refractive index of a liquid is set to N (1-/degree C), it is $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$.

It is the immersion photolithography system characterized by forming so that it may become, and it is the

immersion photolithography system characterized by using what added the additive which decreases the surface tension of pure water or increases whenever [surface activity / of pure water] as said liquid to pure water.

[0006] An operation of this invention is explained below. If set the distance from the glass side at the head of a projection optical system to an image formation side, i.e., working distance, to L , width of face of the temperature distribution of the medium which fills working distance L is set to ΔT , aberration of the image formation wave front resulting from this temperature-distribution ΔT is set to ΔF and the temperature coefficient of the refractive index of a liquid is set to N , the following formulas (1) will be materialized in approximation.

$$\Delta F = L \times N \times \Delta T \dots (1)$$

[0007] About temperature-distribution ΔT of a medium, in order to attain the equalization, it controls how and a way is assumed that about [$\Delta T = 0.01$ degree C] temperature distribution exist. Therefore, image formation wave aberration ΔF is $\Delta F = L \times N \times 0.01$ at least. (1a)

**** exists. N is the value which expressed the temperature coefficient of a refractive index with the 1/degree-C unit here.

[0008] The values of the temperature coefficient N of a refractive index differ greatly with a liquid and a gas, for example, with air, to being $N = -9 \times 10^{-7}$ /degree C, in the case of water, it is $N = -8 \times 10^{-5}$ /degree C, and it has an about 100 times as many difference as this. On the other hand, although the working distance L of the projection optical system of a cutback projection aligner is usually $L > 10\text{mm}$, though it is $L = 10\text{mm}$, image formation wave aberration ΔF of the working distance is as follows.

Air: $\Delta F = 10\text{mm} \times |-9 \times 10^{-7}/\text{degree-C}| \times 0.01 \text{ degree C} = 0.09\text{nm}$ Water : $\Delta F = 10\text{mm} \times |-8 \times 10^{-5}/\text{degree-C}| \times 0.01 \text{ degree C} = 8.0\text{nm}$ [0009] However, generally, 1/30 or less [of the exposure wavelength λ] is desirable, namely, image formation wave aberration ΔF is $\Delta F \leq \lambda / 30$ (2)

***** (ing) is desirable. For example, $\Delta F < 6.4\text{nm}$ is desirable when using an ArF excimer laser with a wavelength of 193nm as an exposure light. When the medium which fills working distance is water, by $L > 10\text{mm}$, it turns out like the conventional technique that the yield of the image formation wave aberration according [working distance L] to the temperature distribution of a medium is too large, and a problem is produced practically.

[0010] (1a) From a formula and (2) types to $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$ (3)

*****. Therefore, by filling (3) types, the immersion photolithography system which carried the projection optical system by which the wave aberration yield produced according to the temperature distribution in an immersion liquid on the basis of realizable temperature stability (temperature distribution) was stopped by 1/30 or less [of exposure wavelength] is obtained. The amount of wave aberration generated because exposure light passes through the inside of the medium which had temperature distribution in this invention is easing the demand to temperature distribution by preparing the optical path length an upper limit as mentioned above paying attention to being dependent on the product of the optical path length in the amount of temperature distributions, and a medium. Practical use can be presented with an immersion photolithography system under the temperature control of the immersion liquid in level realizable by this.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Some suitable examples for this invention are explained below.

[0012]

[Explanation of the 1st example] Drawing 1 shows the whole projection aligner configuration by the 1st example of this invention, and it shows the projection aligner of the lens scanning method which carries out the relative scan of Reticle R and the wafer W to projection lens system PL here, projecting the circuit pattern on Reticle R on the semi-conductor wafer W through cutback projection lens-system PL which has the circular image field constituted by the tele cent rucksack in the both sides by the side of a body and an image. The ArF excimer laser to which an illumination system 10 emits pulsed light with a wavelength of 193nm in drawing 1 (un-illustrating), The beam expander which operates the cross-section configuration of the pulsed light from the light source orthopedically (un-illustrating), Optical integrators, such as a fly eye lens which carries out incidence of the pulsed light operated orthopedically, and generates secondary light source images (meeting of two or more point light sources) (un-illustrating), The condenser lens system which makes pulsed light from the secondary light source image the pulse illumination light of uniform illuminance distribution (un-illustrating), the reticle blind (a lighting field diaphragm --) which operates the configuration of the pulse illumination light orthopedically in the shape of [long] a rectangle in the direction (the direction of X) which intersected perpendicularly with the scanning direction at the time of scan exposure (the direction of Y) The relay optical system (un-illustrating) for collaborating with the

condenser-lens system 12 in drawing 1 and a mirror 14, and carrying out image formation of the pulsed light IL from opening of the shape of un-illustrating and a rectangle of the reticle blind on Reticle R as a lighting field A.I. Artificial Intelligence of the shape of the shape of a slit and a rectangle is included.

[0013] At the time of scan exposure, vacuum adsorption (depending on the case, they are electrostatic adsorption and machine conclusion) of the reticle R is carried out in the direction of one dimension on the movable uniform reticle stage 16 by big stroke. In drawing 1, a reticle stage 16 is guided so that scanning migration of the column structure 19 top of the body of equipment may be carried out at the right and left in drawing (the direction of Y), and it is guided so that it may move also in the direction (the direction of X) vertical to the space of drawing. The coordinate location and minute rotation in XY flat surface of the reticle stage 16 project a laser beam on the migration mirror (a plane mirror and corner mirror) MRr attached in a part of reticle stage 16, and are serially measured by the laser interferometer system 17 which receives the reflective beam. And the reticle stage controller 20 controls the motors 18, such as a linear motor for driving a reticle stage 16 based on XY coordinate location measured by interferometer systems 17, and a voice coil, and controls migration of the scanning direction of a reticle stage 16, and migration of the non-scanning direction.

[0014] Now, if the rectangle-like pulse illumination light IL injected from the condenser-lens system 12 and the mirror 14 irradiates a part of circuit pattern space on Reticle R, the image formation flux of light from the pattern which exists in the lighting field A.I. Artificial Intelligence will let 1/4 time as many cutback projection lens system PL as this pass, and image formation projection will be carried out at the sensitive resist layer applied to the front face of Wafer W. The optical axis AX of the projection lens system PL passes along the central point of the circular image field, and it is arranged so that it may become the same axle also to each optical axis of an illumination system 10 and the condenser-lens system 12. Moreover, projection lens system PL consists of lens elements of two or more sheets made from two kinds of ** material, a quartz and a fluorite, which has high permeability to ultraviolet rays with a wavelength of 193nm, and a fluorite is used for the lens element which mainly has forward power. The interior of the lens-barrel which furthermore fixes the lens element of two or more sheets of projection lens system PL is permuted by nitrogen gas, in order to avoid absorption by the oxygen of the pulse illumination light with a wavelength of 193nm. The permutation by such nitrogen gas is similarly performed to the optical path from the interior of an illumination system 10 to the condenser-lens system 12 (or mirror 14).

[0015] By the way, Wafer W is held on the holder table WH which adsorbs the rear face. Wall LB is formed in the whole periphery section of this holder table WH in fixed height, and Liquid LQ is filled with the predetermined depth inside this wall LB. And vacuum adsorption of the wafer W is carried out at the hollow part of the inner pars basilaris ossis occipitalis of the holder table WH. Moreover, the annular auxiliary plate section HRS which encloses the periphery of Wafer W by predetermined width of face is formed around the inner pars basilaris ossis occipitalis of the holder table WH. It is determined that the height of the front face of this auxiliary plate section HRS is mostly in agreement with the height of the front face of the standard wafer W which adsorbed on the holder table WH.

[0016] The main functions of this auxiliary plate section HRS are used as a focal detection side of an alternative of a case so that the detecting point of a focal leveling sensor may be located in the outside of the appearance edge of Wafer W. Moreover, the auxiliary plate section HRS can be used also [calibration / the calibration of the alignment sensor used when carrying out alignment of the shot field on Wafer W, and the circuit pattern on Reticle R relatively, and / of the focal leveling sensor used when carrying out scan exposure of the shot field]. However, it is more desirable to use for the calibration of an alignment sensor or a focal leveling sensor the reference mark plate of the dedication established according to the auxiliary plate section HRS and an individual. In this case, it will be attached on the holder table WH so that a reference mark plate may also become the almost same height as the projection image side of projection lens system PL in the state of immersion, and an alignment sensor will detect various kinds of reference marks formed on the reference mark plate in the state of immersion. In addition, an example of the approach of carrying out the calibration of the system offset of a focal sensor using the reference mark plate on a table is indicated by for example, the U.S. Pat. No. 4,650,983 number, and an example of the calibration approach of various alignment sensors is indicated by for example, the U.S. Pat. No. 5,243,195 number.

[0017] By the way, since the point of projection lens system PL is soaked in Liquid LQ in this example as shown in drawing 1, the point at least has the structure where it is waterproofed and a liquid does not sink in in a lens-barrel. Furthermore, the underside (opposed face with Wafer W) of the lens element at the head of projection lens system PL is processed into a flat surface or a convex with very large radius of curvature, and, thereby, can make smooth flow of the liquid LQ produced between the underside of a lens element, and

the front face of Wafer W at the time of scan exposure. Furthermore, by this example, although explained to a detail later, the best image formation side (reticle conjugation side) of projection lens system PL in an immersion condition is designed so that it may be formed in the location of about 2-1mm from the underside of the lens element at a head. Therefore, while the thickness of the liquid layer formed between the underside of the lens element at a head and the front face of Wafer W is also set to about 2-1mm and the control precision of the temperature control of Liquid LQ is eased by this, it becomes possible to also suppress generating of the temperature-distribution nonuniformity in the liquid layer.

[0018] Now, the holder table WH is attached on X-Y stage 34 so that the advancing-side-by-side migration (it moves slightly with rough migration in this example) to the Z direction in alignment with the optical axis AX of projection lens system PL and dip jogging to XY flat surface vertical to an optical axis AX may be possible. This X-Y stage 34 carries out two-dimensional migration of the base surface plate 30 top in the XY direction, and the holder table WH is attached through three actuators 32A, 32B, and 32C for Z directions on X-Y stage 34. Each actuator 32A, and B and C consist of combination devices of a piezo flexible component, a voice coil motor, a DC motor, and a lift cam etc. And if only the same amount makes a Z direction drive three Z actuators, parallel translation of the holder table WH can be carried out to a Z direction (the direction of a focus), and if only a mutually different amount makes a Z direction drive three Z actuators, the dip (tilt) direction and amount of the holder table WH can be adjusted.

[0019] Moreover, two-dimensional migration of X-Y stage 34 is performed by the drive motor 36 which consists of linear motors which make the DC motor made to rotate a delivery screw and non-contact generate a thrust. Control of this drive motor 36 is performed by the wafer stage controller 35 which inputs the measurement coordinate location from the laser interferometer 33 which measures each location change of the direction of X of the reflector of the migration mirror MRw fixed to the edge of the holder table WH, and the direction of Y. In addition, as a whole X-Y stage 34 configuration which used the drive motor 36 as the linear motor, the configuration indicated by JP,8-233964,A, for example may be used.

[0020] Now, in this example, since the working distance of projection lens system PL is small and Liquid LQ is filled in narrow spacing of about 2-1mm between the lens element at the head of the projection lens PL, and Wafer W, it is difficult to project aslant on the wafer side corresponding to the projection visual field of projection lens system PL the floodlighting beam of the focal sensor of an oblique incidence light method. For this reason, in this example, the focal alignment sensor FAD containing the focal leveling detection system of an off-axis method (method which does not have a point detecting [focal] into the projection visual field of projection lens system PL), and the mark detection system which detects the mark for the alignment on Wafer W by the off-axis method is arranged on the outskirts of the soffit section of the lens-barrel of projection lens system PL as shown in drawing 1.

[0021] The underside of the optical elements (a lens, a glass plate, prism, etc.) attached at the head of this focal alignment sensor FAD is arranged in Liquid LQ, as shown in drawing 1, and from that optical element, the lighting beam for alignment and the beam for focal detection are irradiated on the front face of Wafer W (or auxiliary plate section HRS) through Liquid LQ. And a focal leveling detection system outputs the focal signal Sf corresponding to the position error over the best image formation side of the front face of Wafer W, and a mark detection system analyzes the photoelectrical signal corresponding to the optical description of the mark on Wafer W, and outputs the alignment signal Sa showing XY location or the amount of location gaps of a mark.

[0022] And the above focal signal Sf and alignment signal Sa are sent out to a master controller 40, and a master controller 40 sends out the information for driving three each of Z actuator 32A, and B and C the optimal based on the focal signal Sf to the wafer stage controller 35. The wafer stage controller 35 controls Z actuator each 32A, and B and C by this so that the focal adjustment and tilt adjustment to the field which should be projected actually on Wafer W are performed.

[0023] Moreover, a master controller 40 manages the coordinate location of X-Y stage 34 for adjusting the relative physical relationship of Reticle R and Wafer W based on the alignment signal Sa. Furthermore, in case a master controller 40 carries out scan exposure of each shot field on Wafer W, as Reticle R and Wafer W carry out uniform migration with an equal velocity ratio with the projection scale factor of projection lens system PL in the direction of Y, it carries out the synchronous control of the reticle stage controller 20 and the wafer stage controller 35.

[0024] In addition, the focal alignment sensor FAD in drawing 1 is good to prepare in the direction of Y at two places, and to prepare in the direction of X on both sides of the point of projection lens system PL, at two places [a total of four], although only one place of the point circumference of projection lens system PL is prepared. Moreover, the mark for alignment formed in the periphery of Reticle R and the mark for the

alignment on Wafer W (or reference mark on a reference mark plate) are simultaneously detected above the reticle R in drawing 1 through projection lens system PL, and the alignment sensor 45 of the TTR (SURUZA reticle) method which measures the location gap with Reticle R and Wafer W to high degree of accuracy is formed in it. And the location gap measurement signal from this TTR alignment sensor 45 is sent out to a master controller 40, and is used for positioning of a reticle stage 16 or X-Y stage 34.

[0025] By the way, although the aligner of drawing 1 makes the uniform migration of X-Y stage 34 carry out in the direction of Y and performs scan exposure, it explains the reticle R at the time of the scan exposure, and the schedule of scanning migration of Wafer W and step migration with reference to drawing 2. In drawing 2, projection lens system PL in drawing 1 is typically expressed with the pre-group lens system LGa and the rear group lens system LGb, and the exit pupil Ep of projection lens system PL exists between the pre-group lens system LGa and rear group lens system LGb. Moreover, circuit pattern space Pa which has bigger diagonal length than the diameter dimension of the circular image field by the side of the body of projection lens system PL in the reticle R shown in drawing 2 is formed in the inside divided with the protection-from-light band SB.

[0026] And scan exposure of the field Pa on Reticle R is carried out in Reticle R to the shot field SAa to which it corresponded on Wafer W by making the scanning migration of the wafer W carry out in the forward direction in alignment with a Y-axis with constant speed Vw, making scanning migration carry out in the negative direction in alignment with a Y-axis with constant speed Vr. At this time, the field A.I. Artificial Intelligence of the pulse illumination light IL which illuminates Reticle R is set up the shape of the parallel shape of a slit, and a rectangle extended in the direction of X in the field Pa on reticle, as shown in drawing 2, and the both ends of that direction of X are located on the protection-from-light band SB.

[0027] Now, image formation of the partial pattern contained in the pulse Mitsuteru light region A.I. Artificial Intelligence in the field Pa on Reticle R is carried out to the location where it corresponded in the shot field SAa on Wafer W by projection lens system PL (lens systems LGa and LGb) as an image SI. And completion of a relative scan with pattern space Pa on Reticle R and the shot field SAa on Wafer W carries out step migration only of the constant rate in the direction of Y so that Wafer W may come to the scan starting position to the shot field SAb of the next door of the shot field SAa. The exposure of the pulse illumination light IL is interrupted during this step migration. Next, the pattern image of an electronic circuitry is formed on the shot field SAb by moving Wafer W in the negative direction of a Y-axis with constant speed Vw to a projection image SI, moving Reticle R in the forward direction of a Y-axis with constant speed Vr to the pulse Mitsuteru light region A.I. Artificial Intelligence so that scan exposure of the image of the pattern in the field Pa of Reticle R may be carried out to the shot field SAb on Wafer W. In addition, a technical example which uses the pulsed light from an excimer laser for scan exposure is indicated by for example, the U.S. Pat. No. 4,924,257 number.

[0028] By the way, if drawing 1 and the projection aligner shown in 2 change the configuration and magnitude of opening of a reticle blind within an illumination system 10 and the configuration of the lighting field A.I. Artificial Intelligence is doubled with the circuit pattern space when the diagonal length of the circuit pattern space on Reticle R is smaller than the diameter of the circular image field of projection lens system PL, the equipment of drawing 1 can be used for it as a stepper of a step-and-repeat method. In this case, while exposing the shot field on Wafer W, the reticle stage 16 and X-Y stage 34 are relatively made into the quiescent state. However, what is necessary is just to carry out jogging control of the reticle stage 16 so that the jogging may be measured by the laser interferometer system 33 and flattery amendment of the part for the location gap with minute Wafer W to projection lens system PL may be carried out by Reticle R side when Wafer W moves slightly during the exposure. Moreover, when changing the configuration and magnitude of opening of a reticle blind, a zoom lens system which is centralized on the range corresponding to opening after adjusting the pulsed light from the light source which reaches a reticle blind to compensate for modification of an opening configuration or size may be prepared.

[0029] In addition, to the hand of cut of scan exposure of the circumference of a Y-axis, i.e., the direction, since the field of a projection image SI is set up the shape of the shape of a slit, and a rectangle prolonged in the direction of X so that clearly from drawing 2, tilt adjustment under scan exposure is chiefly performed only in the rolling direction by this example. Of course, the width of face of the scanning direction of the field of a projection image SI is large, and if it is *****, when there is nothing in consideration of the effect of the flatness about the scanning direction on the front face of a wafer, naturally tilt adjustment of the hand of cut of the circumference of the X-axis, i.e., the pitching direction, is also performed during scan exposure.

[0030] Here, the condition of the liquid LQ in the holder table WH which is the description of the aligner by

this example is explained with reference to drawing 3. Drawing 3 expresses the partial cross section from the point of projection lens system PL to the holder table WH. The convex positive lens component LE 1 is being fixed [Underside Pe] at the head in the lens-barrel of projection lens system PL for the top face at the flat surface. The underside Pe of this lens element LE1 is processed so that it may become the end face of the point of lens-barrel hardware, and the same field (flash plate surface processing), and it is suppressing that the flow of Liquid LQ is confused. Beveling processing is carried out with big curvature like drawing 3, and the periphery corner 114 furthermore soaked in Liquid LQ by the lens-barrel point of projection lens system PL makes resistance to the flow of Liquid LQ small, and suppresses generating and the turbulent flow of an unnecessary eddy. Moreover, the adsorption side 113 where the plurality which carries out vacuum adsorption of the rear face of Wafer W projected is formed in the center of the inner pars basilaris ossis occipitalis of the holder table WH, and it is **. This adsorption side 113 is specifically made from height of about 1mm as two or more zona-orbicularis-like lands formed in the direction of a path of Wafer W in the predetermined pitch concentric circular. And each of the slot engraved in the center of each zona-orbicularis-like land has led to the piping 112 connected to the source of a vacuum for vacuum adsorption inside Table WH.

[0031] Now, in this example, as shown in drawing 3, the spacing L in the best focus condition of the underside Pe of lens element LE1 at the head of projection lens system PL and the front face of Wafer W (or auxiliary plate section HRS) is set as about 2-1mm. Therefore, the height of the wall LB set up to spacing L around the holder table WH that what is necessary is [therefore] just about 2 to 3 or more times of the depth Hq of the liquid LQ filled in the holder table WH is good at several mm - about 10mm. Thus, the spacing L as working distance of projection lens system PL is written very small, and there are also few total amounts of the liquid LQ filled in the holder table WH, it ends with this example, and temperature control also becomes easy.

[0032] The liquid LQ used by this example here is easy to receive, and handling uses easy pure water. However, at this example, while decreasing the surface tension of Liquid LQ, in order to increase the surface activity force, the additive (liquid) of the aliphatic series system which is not made to dissolve the resist layer of Wafer W, and can disregard the effect to the optical coat of the underside Pe of a lens element is added at few rate. The methyl alcohol which has a refractive index almost equal to pure water as the additive is desirable. If it does in this way, even if the methyl alcohol component in pure water evaporates and content concentration changes, the advantage that refractive-index change as the whole liquid LQ can be made very small will be acquired.

[0033] Now, although the temperature of Liquid LQ is controlled by fixed precision to a certain target temperature, a current comparison precision which can carry out temperature control easily is about **0.01 degrees C. Then, the realistic immersion projection under such a temperature control precision is considered. general -- the temperature coefficient Na of the refractive index of air -- about $-9 \times 10^{-7} / \text{degree C}$ -- it is -- the temperature coefficient Nq of the refractive index of water -- about -- it is $-8 \times 10^{-5} / \text{degree C}$, and the temperature coefficient Nq of the refractive index of water is larger about double figures. On the other hand, when working distance is set to L, amount of wave aberration ΔF of the image formation which originates in amount [of temperature changes (temperature unevenness)] ΔT of the medium which fills working distance L, and is produced is expressed with a degree type in approximation. $\Delta F = L \cdot |N| \cdot \Delta T$ [0034] Here, in the usual projection exposure which does not apply immersion projection, amount of wave aberration ΔF_{air} when making 10mm and amount of temperature changes ΔT into 0.01 degrees C is as follows about working distance L.

$\Delta F_{\text{air}} = L \cdot |N_{\text{a}}| \cdot \Delta T$ -- amount of wave aberration ΔF_{liq} obtained under the working distance L with $T \approx 0.09 \text{nm}$ same again and amount of temperature changes ΔT when immersion projection is applied is as follows.

$\Delta F_{\text{liq}} = L \cdot |N_{\text{q}}| \cdot \Delta T \approx 8 \text{nm}$ [0035] The greatest amount of wave aberration ΔF_{max} by which this amount of wave aberration is generally permitted $1/30$ of the operating wavelength λ or $1/\lambda$ when ArF excimer laser is used since 50 to about $1/100$ is made desirable is set to $\lambda/30$, $\lambda/50$ to $\lambda/100$ 6.43, or 3.86-1.93nm, and is desirably set to $\lambda/100$ of 1.93nm or less. By the way, each thermal conductivity in 0 degree C of air and water serves as 0.0241 W/mK with air, and it becomes 0.561 W/mK with water, and water of heat conduction is better, it can do smaller than it in air, and the temperature unevenness within the optical path formed underwater can also make small fluctuation of the refractive index generated in a liquid as a result. However, as expressed to the formula (3), when working distance L is about 10mm, even if amount of temperature changes ΔT is 0.01 degrees C, amount of wave aberration ΔF_{liq} to generate will exceed amount of permissible aberration ΔF_{max} greatly.

[0036] Then, the relation of the amount of temperature changes ΔT and working distance L in consideration of amount of allowance wave aberration ΔF_{\max} is set to $\Delta F_{\max} = \lambda / 30 \geq L - |N_q| - \Delta T$, or $\Delta F_{\max} = \lambda / 100 \geq L$, $|N_q|$ and ΔT from the above consideration. Here, if amount of temperature changes ΔT assumed is made into 0.01 degrees C and 193nm and refractive-index variation N_q of Liquid LQ are made into $-8 \times 10^{-5} / \text{degree C}$ for wavelength λ , the working distance (thickness of a liquid layer) L needed will be set to 8mm or 2.4mm or less. It is better to make the working distance L smaller than 2mm desirably within limits to which Liquid LQ flows smoothly. While the temperature control of Liquid LQ becomes easy by constituting like this example as mentioned above, degradation of the projection image produced in the wave aberration change resulting from the temperature change in a liquid layer is suppressed, and it becomes possible to carry out projection exposure of the pattern of Reticle R by very high resolving power.

[0037]

[Explanation of the 2nd example] Next, the 2nd example of this invention is explained with reference to drawing 4. This example shows the temperature control method of the applicable liquid LQ, and operating of the liquid LQ at the time of exchange of Wafer W also like the 1st previous example. Therefore, the same sign is attached to previous drawing 1 and the same thing as the member in three in drawing 4. Now, two or more adsorption sides 113 are formed in the wafer installation section formed in the inner pars basilaris ossis occipitalis of the holder table WH as a circular crevice in drawing 4. And the slot 51 used for supply and blowdown of Liquid LQ is formed around the circular wafer installation section annularly, and a part of the slot 51 is connected with the external pipe 53 through the path 52 formed in Table WH. Moreover, the heat regulators 50A and 50B, such as a Peltier device, are embedded directly under [of the wafer installation section in the holder table WH], and directly under the auxiliary plate section HRS, a thermo sensor 55 is attached in the suitable location on the holder table WH (desirably two or more places), and the temperature of Liquid LQ is detected by the precision. And heat regulators 50A and 50B are controlled by the controller 60 so that the temperature of the liquid LQ detected by the thermo sensor 55 becomes constant value.

[0038] On the other hand, the pipe 53 is connected to the liquid supply unit 64 and the drainage pump 66 through the change bulb 62. The change bulb 62 answers a command from a controller 60, and it operates so that the passage which supplies the liquid LQ from the liquid supply unit 64 to a pipe 53, and the passage which returns the liquid LQ from a pipe 53 to the supply unit 64 through a drainage pump 66 may be changed. Moreover, in the supply unit 64, thermoregulator 64B which maintains at fixed temperature whole liquid LQ in a tank including pump 64A which supplies Liquid LQ, and its pump 64A from the reserve tank (un-illustrating) which can hold the whole liquid LQ on the holder table WH, and this tank is prepared. Furthermore in the above configuration, each actuation of a bulb 62, pump 64A, thermoregulator 64B, and a drainage pump 66 is controlled by the controller 60 in generalization.

[0039] Now, in such a configuration, if Wafer W is laid on two or more adsorption sides 113 in the condition, PURIFICATION [conveyed and] on the installation section of the holder table WH, reduced pressure immobilization will be carried out through the piping 112 for vacuum adsorption shown in drawing 3. In the meantime, it is being continued by controlling heat regulators 50A and 50B the temperature used as a target. And if vacuum adsorption of Wafer W is completed, the change bulb 62 will change from a closing location to the supply unit 64 side, the liquid LQ by which the temperature control was carried out will be poured in only for a constant rate inside the wall LB of the holder table WH through a pipe 53, a path 52, and a slot 51 by actuation of pump 64A, and the change bulb 62 will return to a closing location. Then, shortly after the exposure to Wafer W is completed, the change bulb 62 changes from a closing location to a drainage-pump 66 side, and is returned in the reserve tank of the supply unit 64 through the liquid LQ fang furrow 51 on Table WH, and a pipe 53 by actuation of a drainage pump 66. Based on the detecting signal from the thermo sensor in a reserve tank, temperature control of it is carried out to a precision by thermoregulator 64B until the liquid LQ returned in the tank can prepare the following wafer.

[0040] Thus, since according to this example temperature control of the liquid LQ under immersion exposure was carried out, Liquids LQ are collected in the supply unit 64 and it was made to carry out temperature control during wafer exchange actuation with the heat regulators 50A and 50B in the holder table WH, while wafer exchange is attained in atmospheric air, there is an advantage referred to as being able to prevent the big temperature change of Liquid LQ. the liquid LQ which is furthermore poured into the holder table WH after wafer exchange according to this example -- even if -- laying temperature -- receiving -- being small (for example, about 0.5 degrees C) -- though it differs, since the depth H_q (refer to drawing 3) of a liquid layer is shallow generally and laying temperature may be reached comparatively early, the

time amount which waits for temperature stability may also be shortened.

[0041]

[Explanation of the 3rd example] Next, the 3rd example is explained with reference to drawing 5. Drawing 5 expresses the partial cross section of the holder table WH which improved the configuration of previous drawing 3, the holder table WH of this example has separated on the wafer chuck 90 holding Wafer W, and the ZL stage 82 which performs the Z direction migration and tilt migration for focal leveling, and the wafer chuck 90 is laid on the ZL stage 82. And the ZL stage 82 is formed on X-Y stage 34 through three Z actuators 32A and 32C (32B omits). And the paths 53A and 53B connected to Wall LB, the auxiliary plate section HRS, the piping 112 for vacuum adsorption, supply of Liquid LQ, and the pipe 53 (refer to drawing 4) for blowdown are formed in the chuck 90 like drawing 1, and 3 and 4, respectively. However, path 53A is connected with the circumference part of the auxiliary plate section HRS of the wafer chuck 90 interior, and path 53B is connected with the lowest part of the wafer installation section of the pars basilaris ossis occipitalis in the wafer chuck 90. Thus, formation of the path for liquid blowdown and the impregnation in the wafer chuck 90 to two or more places performs receipts and payments of a liquid promptly.

[0042] Furthermore, by this example, three breakthroughs (two are illustrated) 91 are formed in the center section of a chuck 90, and three pin center, large rise pins (two are illustrated) 83 which move up and down through this breakthrough 91 are formed on the vertical-movement drive 85. Besides, the downward moving drive 85 is fixed to an X-Y stage 34 side. The three pin center, large rise pins 83 are for only a constant rate lifting the wafer W on a chuck 90 from an installation side at the time of wafer exchange, or taking down Wafer W on an installation side, and where vacuum adsorption of the wafer W is carried out in the installation side of a chuck 90, as shown in drawing 5, the apical surface of the pin center, large rise pin 83 is set as the location which fell rather than the installation side of a chuck 90.

[0043] On the other hand, it is constituted by the point of projection lens system PL used by this example so that the parallel plate CG of the quartz fixed at right angles to an optical axis AX may be attached at the head of the sub lens-barrel 80, therefore lens element LE1 (plano-convex lens) at a head may not be soaked in Liquid LQ. In this example, spacing of the underside of this parallel plate CG and the front face of Wafer W serves as working distance on appearance, and is set as 2mm or less like a previous example. Moreover, the anchoring side with the parallel plate CG of the sub lens-barrel 80 is waterproofed, and the interior of the sub lens-barrel 80 is filled up with nitrogen gas.

[0044] Thus, if the parallel plate CG is formed at the head of projection lens system PL, even if a substantial back focus distance (distance from the optical element at a head with refractive power to the image surface) of projection lens system PL is about 10-15mm, the immersion projection which working distance L was easily set [projection] to about 1-2mm, and reduced the effect of the temperature change of a liquid is realizable. Moreover, since the parallel plate CG can be formed by post-installation, it becomes possible [correcting easily the local very small distortion aberration (or random distortion) produced within the projection image] by grinding a part of front face of the parallel plate CG to the 1/several about order of wavelength. That is, the parallel plate CG will combine the function as an aperture which protects the latest lens element of projection lens system PL from a liquid, and the function as a distortion compensation plate. In addition, since the image formation engine performance of projection lens system PL including the parallel plate CG is guaranteed if another view is carried out, a change does not have the parallel plate CG in it being the latest optical element of projection lens system PL.

[0045]

[Explanation of the 4th example] Next, the 4th example of this invention is explained with reference to drawing 6. This example is connected also with the example shown in previous drawing 5, and is related with the wafer exchange at the time of using the projection optical system which made working distance very small for the immersion projection exposing method. In drawing 6, the reference mirror ML (the object for the directions of X and for the directions of Y) reflected in response to the beam BSr for reference from the laser interferometer 33 shown in drawing 1 is being fixed to the soffit section of the lens-barrel of projection lens system PL. And the beam BSm for length measurement from a laser interferometer 33 is projected by the migration mirror MRw fixed to the edge of the ZL stage 82 as shown in previous drawing 5, the reflective beam interferes in a laser interferometer 33 with the reflective beam of return and the beam BSr for reference, and the coordinate location of the reflector of the migration mirror MRw, i.e., X of Wafer W, and the coordinate location of the direction of Y are measured on the basis of the reference mirror ML. Now, also in this example, the ZL stage 82 is attached on X-Y stage 34 through three Z actuators 32A and 32B (32C omits), and is movable in a Z direction and the direction of a tilt. However, it is combined with X-Y stage 34 through flat springs 84A and 84B (84C omits) by three places of the circumference of it, and the

ZL stage 82 is supported so that the rigidity of the horizontal direction (inside of XY side) to X-Y stage 34 may become very large.

[0046] And although the wafer chuck 90 as previous drawing 5 also with the same this example is formed on the ZL stage 82, a different point from drawing 5 is having made it the configuration which boils the wafer chuck 90 comparatively with the drives 88A and 88B of two or more Z directions, and moves to a Z direction to the ZL stage 82 by big stroke (about 10-15mm). unlike Z actuator 32A for focal leveling, and B and C, these drives 88A and 88B move the wafer chuck 90 among the ends of that stroke -- sufficient -- it is good at the easy elevation function using an air cylinder, a link mechanism, etc. Furthermore in the example of drawing 6, it is fixed, without the pin center, large rise pin 83 shown in previous drawing 5 moving up and down on X-Y stage 34. And after the wafer chuck 90 has gone up most like drawing 6, the front face of Wafer W was set as about 1-2mm from the field of the optical element at the head of projection lens system PL, and the apical surface of the pin center, large rise pin 83 has fallen to the down side (about 2-3mm) more slightly than the wafer installation side of the wafer chuck 90.

[0047] With the above configurations, drawing 6 will discharge the liquid LQ on the wafer chuck 90 temporarily by blowdown actuation of the liquid LQ shown in previous drawing 4, if the condition at the time of the exposure actuation to Wafer W is expressed and the exposure actuation is completed. Then, if vacuum adsorption of the wafer chuck 90 is canceled, Drives 88A and 88B will be operated and the wafer chuck 90 will be brought down at the bottom from the location of drawing 6. While Wafer W is again carried by this on three apical surfaces of the pin center, large rise pin 83, it is positioned so that the upper bed side of the wall LB of the wafer chuck 90 circumference may become lower than the apical surface (the inside of drawing 3 the inside of the underside Pe of lens element LE1, and drawing 5 underside of the parallel plate CG) of projection lens system PL. If X-Y stage 34 is moved to a wafer exchange location in the condition, Wafer W will be pulled out from directly under [of projection lens system PL], and will move to the direction of the arm 95 for conveyance. It is in the condition set as height which becomes lower than the wafer W on the pin center, large rise pin 83 more highly than the upper bed side of the wall LB of the wafer chuck 90 at this time as for an arm 95, and enters into Wafer W bottom. And an arm 90 performs vacuum adsorption, lifting Wafer W slightly upward, and conveys Wafer W towards a predetermined unload location. Carrying in of Wafer W is completely carried out to reverse with the above sequence.

[0048] By the way, since the pool of Liquid LQ spreads out directly under the optical path of a reference beam BSr in the case of a method with which a laser interferometer 33 projects a reference beam BSr on the reference mirror ML of projection lens system PL as shown in drawing 6, it is possible to give fluctuation to the optical path of a reference beam BSr by lifting of the saturated steam of the liquid LQ. So, in this example, the covering plate 87 is arranged between the optical path of a reference beam BSr, and Liquid LQ, and the fluctuation which intercepts the steamy style which goes up from Liquid LQ, and is generated in the optical path of a reference beam BSr is prevented.

[0049] In addition, the up space of the covering plate 87 may be ventilated in the pure air by which temperature control was carried out in the direction which intersects an optical path, in order to make the optical path of a reference beam BSr stability more. In this case, the covering plate 87 will be equipped also with the function to prevent that the air for optical-path air conditioning is sprayed on the direct liquid LQ, and can reduce unnecessary evaporation of Liquid LQ. Moreover, it may replace with the mere covering plate 87, and the whole optical path of a reference beam BSr may be made a wrap configuration with a windshield tube.

[0050]

[Explanation of the 5th example] Next, the 5th example of this invention is explained with reference to drawing 7 (A) and (B). This example combines the pin center, large rise device (a pin 83, Z actuator 85) shown in drawing 5 with the structure of the holder table WH shown in previous drawing 1, and it improves the holder table WH so that wafer exchange may be simplified. And drawing 7 (B) expresses the flat surface of the improved holder table WH, and drawing 7 (A) expresses the cross section of 7A view in drawing 7 (B). The holder table WH is held through three Z actuators 32A and 32C (32B omits) on X-Y stage 34, and three breakthroughs 91 are formed near the center of the holder table WH so that the drawing 7 (A) and (B) may show. In this breakthrough 91, the pin center, large rise pin 83 which moves up and down by the actuator 85 passes.

[0051] As explained also in advance, if the height of the lowest end face of projection lens system PL remains as it is, it is separated from the front face of the auxiliary plate section HRS (wafer W) only about 2mm. The upper bed of the wall LB furthermore prepared around the holder table WH is higher than the lowest end face of projection lens system PL. Therefore, when it constitutes so that X-Y stage 34 may be

moved as it is for wafer exchange and a wafer may be pulled out from directly under [of projection lens system PL], a part of width of face of the auxiliary plate section HRS will enlarge content volume of the holder table WH on which the diameter dimension extent required next door of the lens-barrel of projection lens system PL and Liquid LQ are poured in.

[0052] So, in this example, as shown in drawing 7, a part of wall LB of the holder table WH was cut and lacked, and the fluid-tight door section DB which can be opened and closed freely there was formed. While Liquid LQ is poured in, this fluid-tight door section DB has always closed the notching section of Wall LB in the state of fluid-tight, as shown in drawing 7 (A) and (B), and if Liquid LQ is discharged from the holder table WH, it will open it like the broken line in drawing 7 (A). In the condition of having opened, the fluid-tight door section DB is set up so that it may become low a little rather than the height of the front face of the auxiliary plate section HRS. Moreover, O ring OLs (notching section of Wall LB etc.) who ensure fluid-tight nature like drawing 7 (B) are prepared in the proper location at a part for the wall by the side of the holder table WH body which touches the wall of the fluid-tight door section DB.

[0053] In the above configurations, when exchanging the wafer on the holder table WH, after discharging the liquid LQ in the holder table WH first, the fluid-tight door section DB is opened. Then, when X-Y stage 34 is moved to right-hand side in drawing 7, a wafer will be pulled out from directly under [of projection lens system PL]. Projection lens system PL is located in the headroom of the fluid-tight door section DB opened exactly at this time. And a wafer is easily exchangeable, if the pin center, large rise pin 83 is raised and a wafer is lifted more highly than Wall LB.

[0054] There is an advantage temperature management of Liquid LQ not only becomes easy, but that become possible to make into min the diameter of the wall LB which encloses the perimeter of the holder table WH according to this example, become possible to stop the total amount of the liquid LQ filled in the holder table WH to the minimum, and the impregnation blowdown time amount of Liquid LQ becomes min. In addition, although it is not necessary at the time of the configuration of said 4th example to prepare the fluid-tight door section especially since a wafer chuck descends, in the configuration of the 4th example, the fluid-tight door section may be prepared still more.

[0055]

[Explanation of the 6th example] Next, drawing 8 shows the 6th example of this invention, and uses the lower container 7 and the up container 8 in this example. Wafer electrode-holder 3a which lays a wafer 3 is formed in the inner surface pars basilaris ossis occipitalis of the lower container 7, the top face of the lower container 7 is sealed by the base of the up container 8, and the complete product of the lower container 7 is thoroughly filled by immersion liquid 7a. Immersion liquid 8a is filled by the another side up container 8, and last lens side 1a of a projection optical system 1 is dipped in the immersion liquid 8a.

[0056] A part of immersion liquid 7a in the lower container 7 is led to a thermoregulator 6 from the exhaust port 5 prepared in one side face of the lower container 7, and in a thermoregulator 6, it circulates through temperature control so that it may return to the lower part [inlet / 4 / which was established in the other side faces of the lower container 7 after the carrier beam] container 7. The thermo sensor (not shown) is attached in two or more [in the lower container 7], and based on the output from a thermo sensor, the thermoregulator 6 is controlled so that the temperature of immersion liquid 7a in the lower container 7 becomes fixed. Moreover, the same temperature regulatory mechanism is prepared also about immersion liquid 8a in the up container 8.

[0057] In this example, the wafer 3 is moved by moving the lower container 7 and the up container 8 as one. On the other hand, since the immersion liquid in the lower container which held the wafer 3 is sealed substantially, it is not only advantageous in respect of temperature stability, but it does not generate the pressure distribution by flow, such as an eddy in an immersion liquid. that is, although the pressure distribution in an immersion liquid serve as fluctuation of a refractive index and it become the factor of image formation wave aberration aggravation, that pressure distribution become a problem in this 6th example be only immersion liquid 8a filled by the up container 8, and it can ease the effect of the immersion liquid flow of the time of wafer migration by forming the optical path L8 of this part short enough to the level which do not become a problem practically.

[0058] In addition, although the lower container 7 and the up container 8 were moved as one in this example, only the lower container 7 can be moved and the up container 8 can also be fixed. Immersion liquid 8a in the up container 8 will stop thoroughly at the time of this configuration. Therefore, among working distances L, it is desirable to form thinly enough the thickness L7 of immersion liquid 7a in the lower part [thickness / L8 / of immersion liquid 8a in the up container 8] container 7.

[0059]

[Explanation of other modifications] As mentioned above, although each example of this invention was explained, as shown in previous drawing 1, since the working distance at the time of immersion projection exposure is very as small as about 1-2mm, focusing to Wafer W shall use the focal alignment sensor FAD of an off-axis method. However, the focal detection device of the TTL (SURUZA lens) method which projects the beam for focal detection on a wafer through the periphery within the projection visual field of projection lens system PL, and measures the height location or inclination on the front face of a wafer may be established as indicated by the U.S. Pat. No. 4,801,977 number, the U.S. Pat. No. 4,383,757 number, etc., for example.

[0060] Moreover, although the focal alignment sensor FAD shown in drawing 1 shall detect the alignment mark on Wafer W optically by the off-axis method, it is good also as an alignment sensor of the TTL method which detects the mark on Wafer W other than the TTR alignment sensor 45 in drawing 1 to which this alignment sensor also detects the mark on Wafer W through Reticle R and projection lens system PL only through projection lens system PL. Furthermore, if it has the projection optical system which carries out projection exposure under an ultraviolet-rays region (wavelength of 400nm or less), this invention can completely be similarly applied, even if it is the aligner of what kind of configuration.

[0061]

[Effect of the Invention] By this invention, the aligner of an immersion type with which image formation engine performance sufficient within the limits of a realizable temperature control was guaranteed was offered as mentioned above. Moreover, the structure of a wafer stage of having been suitable for loading and unloading of a wafer in an immersion photolithography system was also offered.

[Translation done.]

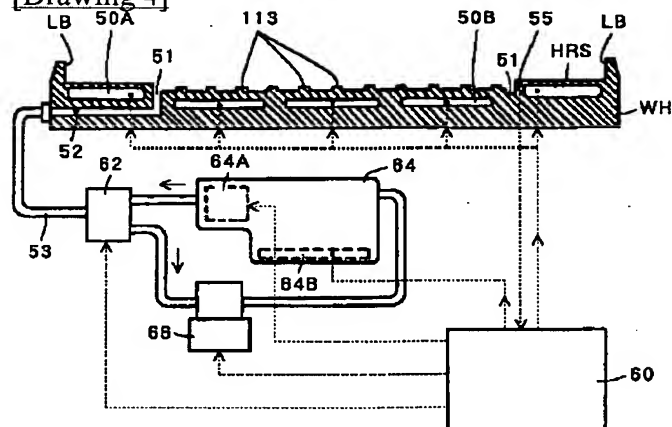
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

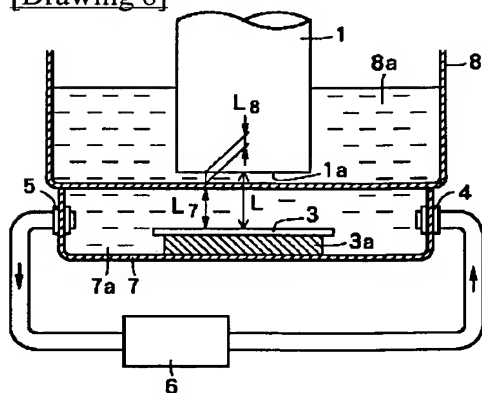
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

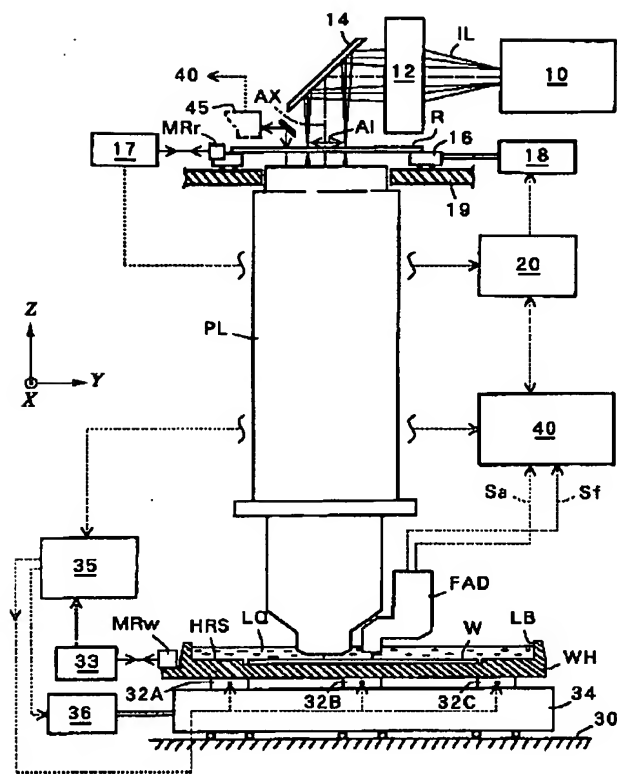
[Drawing 4]



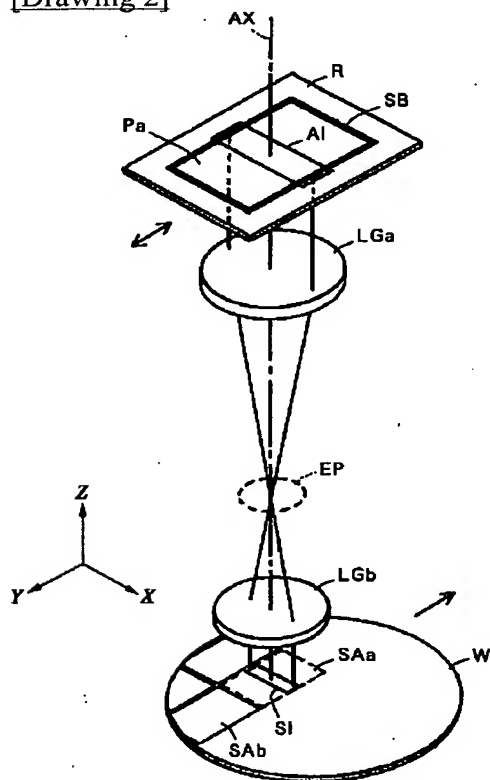
[Drawing 8]



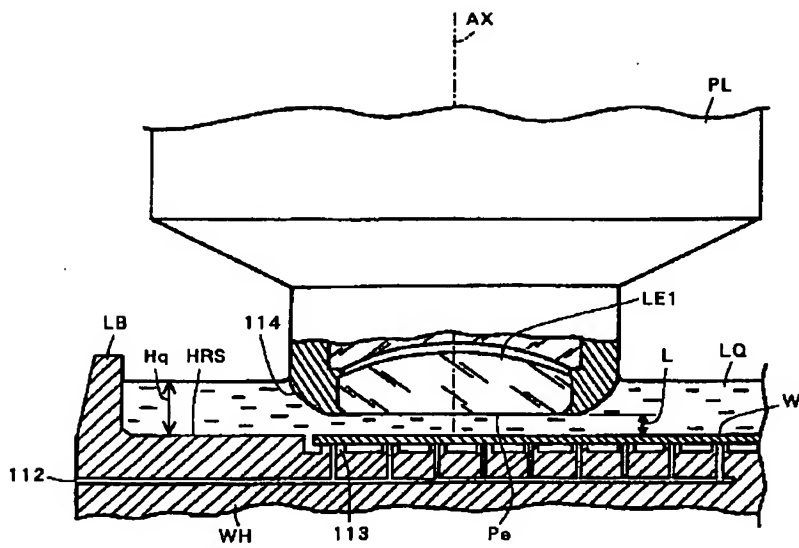
[Drawing 1]



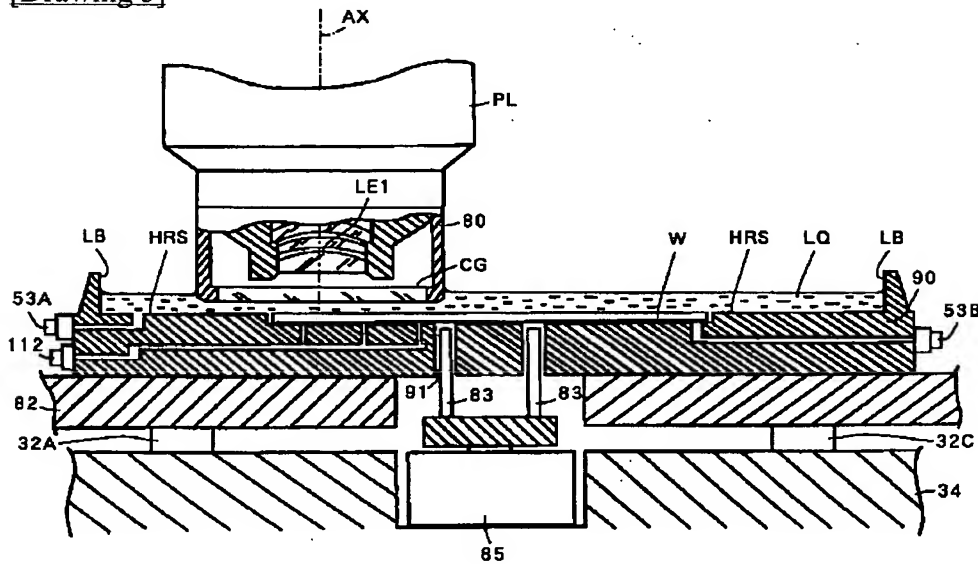
[Drawing 2]



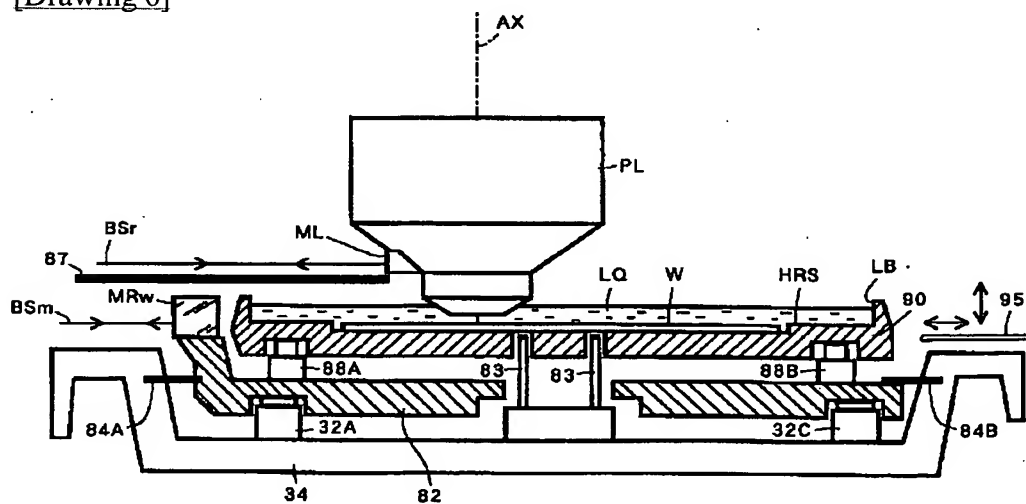
[Drawing 3]



[Drawing 5]

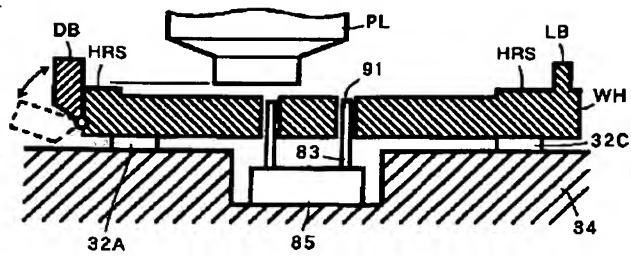


[Drawing 6]

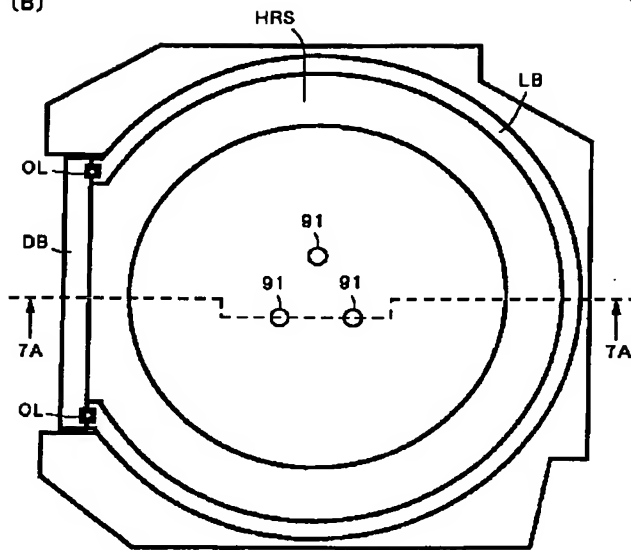


[Drawing 7]

(A)



(B)



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-303114

(43)公開日 平成10年(1998)11月13日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

H 0 1 L 21/30

5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 14 頁)

(21)出願番号

特願平9-121757

(22)出願日

平成9年(1997)4月23日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 牛田 一雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 諏訪 恭一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

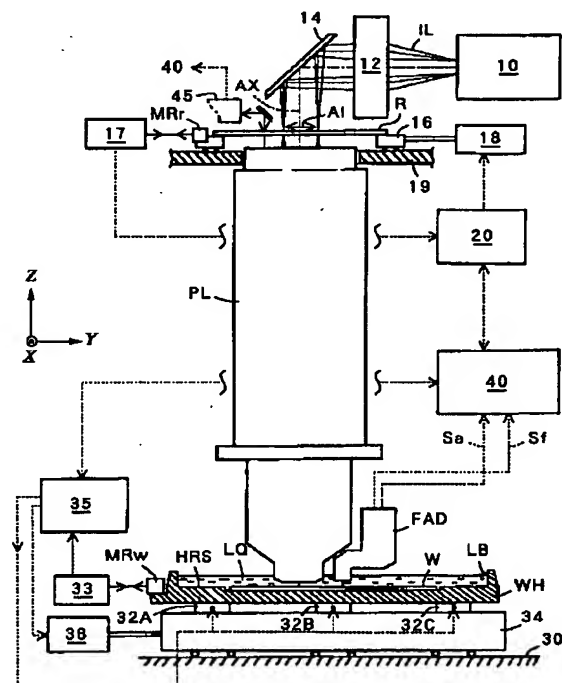
(74)代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54)【発明の名称】 液浸型露光装置

(57)【要約】

【課題】結像性能の劣化を招くことのない液浸型露光装置を提供する。

【解決手段】レチクルR上に描画されたパターンPaをウエハW上に焼付転写する投影光学系PLを有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面PeとウエハWとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光ILを透過する液体LQで満たした液浸型露光装置において、ワーキングディスタンスの長さをLとし、露光光ILの波長を λ とし、液体LQの屈折率の温度係数をN(1/°C)としたとき、 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$ となるように形成したことを特徴とし、また、液体LQとして、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を純水に添加したものをを用いたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面と前記ウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、前記ワーキングディスタンスの長さを L とし、前記露光光の波長を λ とし、前記液体の屈折率の温度係数を N ($1/^{\circ}\text{C}$) としたとき、

$$L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$$

となるように形成したことを特徴とする液浸型露光装置。

【請求項 2】 レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面と前記ウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、前記液体として、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を前記純水に添加したものをを用いたことを特徴とする液浸型露光装置。

【請求項 3】 前記ワーキングディスタンスの長さ L が 2 mm 以下である、請求項 1 又は 2 記載の液浸型露光装置。

【請求項 4】 前記レチクルとウエハを前記投影光学系の倍率に対応した速度比にて同期して等速に走査可能に配置した、請求項 1、2 又は 3 記載の液浸型露光装置。

【請求項 5】 前記露光光として紫外域の光を用いた、請求項 1、2、3 又は 4 記載の液浸型露光装置。

【請求項 6】 前記投影光学系の最もウエハ側の先端光学素子のウエハ側の光学面を平面状に形成し、前記先端光学素子を保持する鏡筒の下端面を前記光学面と同一平面をなすように形成し、前記鏡筒の下端外周面に面取りを施した、請求項 1、2、3、4 又は 5 記載の液浸型露光装置。

【請求項 7】 前記先端光学素子が平行平板である、請求項 6 記載の液浸型露光装置。

【請求項 8】 前記ウエハをホルダテーブルによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるように前記ホルダテーブルの上面外周に壁部を立設し、前記ホルダテーブル内に前記液体を供給し且つ回収できるように液体供給ユニットを設け、前記ホルダテーブルと液体供給ユニットとの双方に温度調整器を設けた、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 9】 前記ウエハをウエハチャックによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるように前記ウエハチャックの上面外周に壁部を立設し、前記ウエハチャックを貫通して少なくとも 3 本のピンを設け、前記ウエハを前記ウエハチャックの上方に持ち上げることができるように、前記ピンに昇降

駆動装置を取り付けた、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 10】 前記ウエハをウエハチャックによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるように前記ウエハチャックの上面外周に壁部を立設し、前記ウエハチャックを貫通して少なくとも 3 本のピンを設け、ウエハチャックの前記壁部の上端を前記投影光学系の下端よりも低くすることができるように、前記ウエハチャックに昇降駆動装置を取り付けた、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 11】 前記壁部の一部分に開閉自在な液密ドア部を設けることにより、投影光学系の下端部分との干渉を回避した、請求項 1～10 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 12】 前記投影光学系の側面に干渉計用のミラーを取り付け、該ミラーに入射して反射する光束を前記液体から発する蒸気より離隔するように防護手段を設けた、請求項 1～11 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レチクル上に描画されたパターンを投影光学系によってウエハに焼付ける露光装置に関し、特に液浸型の露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光学系の最終レンズ面と像面との間の間隔をワーキングディスタンスというが、従来の露光装置の投影光学系のワーキングディスタンスは、空気で満たされていた。このワーキングディスタンスは、オートフォーカス光学系を介在させるなどの都合により、10 mm 以上取るのが普通であった。他方、ウエハに転写するパターンについては、その微細化がますます望まれており、そのためには露光波長の短波長化を図るか、あるいは開口数の増大を図る必要がある。しかるに短波長の光を透過するガラス材料の種類には限度があるから、ワーキングディスタンスを液体で満たして開口数の増大を図ることにより、露光パターンの微細化を図る液浸型の露光装置が提案されている。

【0003】 液浸型の露光装置では、ワーキングディスタンスに介在させた液体の温度分布によって、屈折率に分布が生じるおそれがある。そこで液体の温度変化に起因する結像性能の劣化への対策として、次のような技術が提案されている。すなわち、(あ) 液体の温度安定機構によって温度の安定化を図るものとして、米国特許 4,346,164 号の図 3 に開示された技術が提案されており、加振攪拌機構によって温度の均一化を図るものとして、特開平 6-124873 号公報に開示された技術が提案されている。また、(い) 液体の温度モニター機構によって温度調節にフィードバックするものとし

て、同じく特開平6-124873号公報に温度、又は屈折率を計測することが提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし(あ)においては、温度をどの程度安定させれば実用上問題ないかと言った議論は成されておらず、実際には下記に示すように、現実的とはいえない精度での温度コントロールが必要になる。また、(い)についても、結像性能に最も影響するのが液体の温度不均一であることを考慮すると、有効な対策とはいえない。このように液浸型露光装置に関する従来公知の技術においては、ワーキングディスタンスのような投影光学系の光学パラメーターそのものについての制約に言及した例はなく、液浸型の特殊事情が考慮されているとは言えない状況であった。したがって本発明は、ワーキングディスタンスを満たす液体の温度制御を容易にして、結像性能の劣化を招くことのない液浸型露光装置を提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、すなわち、レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面とウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、ワーキングディスタンスの長さを L とし、露光光の波長を λ とし、液体の屈折率の温度係数を N ($1/^\circ\text{C}$)としたとき、

$$L \leq \lambda / (0.3 \times |N|) \quad *$$

$$\text{空気: } \Delta F = 10 \text{ mm} \times |-9 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}| \times 0.01^\circ\text{C} = 0.09 \text{ nm}$$

$$\text{水: } \Delta F = 10 \text{ mm} \times |-8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}| \times 0.01^\circ\text{C} = 8.0 \text{ nm}$$

【0009】しかるに一般に結像波面収差 ΔF は、露光波長 λ の $1/30$ 以下が望ましく、すなわち、

$$\Delta F \leq \lambda / 30 \quad \dots (2)$$

が成立することが好ましい。例えば波長 193 nm のArFエキシマレーザを露光光として用いるときには、 $\Delta F < 6.4 \text{ nm}$ が望ましい。ワーキングディスタンスを満たす媒質が水の場合には、従来技術のようにワーキングディスタンス L が $L > 10 \text{ mm}$ では、媒質の温度分布による結像波面収差の発生量が大きすぎて、実用上問題を生ずることが分かる。

【0010】(1a)式と(2)式とから、

$$L \leq \lambda / (0.3 \times |N|) \quad \dots (3)$$

を得る。したがって(3)式を満たすことにより、実現可能な温度安定性(温度分布)のもとに、浸液中の温度分布によって生じる波面収差発生量が露光波長の $1/30$ 以下に抑えられた投影光学系を搭載した液浸型露光装置が得られる。以上のように本発明においては、温度分布を持った媒質中を露光光が通過することで発生する波

*となるように形成したことを特徴とする液浸型露光装置であり、また、前記液体として、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を純水に添加したものをを用いたことを特徴とする液浸型露光装置である。

【0006】以下に本発明の作用を説明する。投影光学系の先端のガラス面から結像面までの距離、すなわちワーキングディスタンスを L とし、ワーキングディスタンス L を満たす媒質の温度分布の幅を ΔT とし、この温度分布 ΔT に起因する結像波面の収差を ΔF とし、液体の屈折率の温度係数を N とすると、近似的に以下の式

(1)が成立する。

$$\Delta F = L \times |N| \times \Delta T \quad \dots (1)$$

【0007】媒質の温度分布 ΔT については、その均一化を図るためにいかにコントロールしようとも、 $\Delta T = 0.01^\circ\text{C}$ 程度の温度分布が存在すると想定される。したがって、結像波面収差 ΔF は、少なくとも、

$$\Delta F = L \times |N| \times 0.01 \quad \dots (1a)$$

だけは存在する。ここで N は、屈折率の温度係数を $1/^\circ\text{C}$ 単位で表した値である。

【0008】屈折率の温度係数 N の値は液体と気体で大きく異なり、例えば空気では $N = -9 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ であるのに対して、水の場合は $N = -8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、 100 倍近い差がある。他方、縮小投影露光装置の投影光学系のワーキングディスタンス L は、通常 $L > 10 \text{ mm}$ であるが、 $L = 10 \text{ mm}$ であるとしても、結像波面収差 ΔF は以下ようになる。

面収差量が、温度分布量と媒質中の光路長の積に依存することに着目し、光路長に上限を設けることにより、温度分布に対する要求を緩和している。これにより実現可能なレベルでの浸液の温度コントロールのもとで、液浸型露光装置を実用に供することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明に好適ないくつかの実施例を説明する。

【0012】

【第1の実施例の説明】図1は、本発明の第1の実施例による投影露光装置の全体構成を示し、ここでは、物体側と像側の両側においてテレセントリックに構成された円形イメージフィールドを有する縮小投影レンズ系 PL を介して、レチクル R 上の回路パターンを半導体ウエハ W 上に投影しつつ、レチクル R とウエハ W とを投影レンズ系 PL に対して相対走査するレンズ・スキャン方式の投影露光装置を示す。図1において照明系10は、波長 193 nm のパルス光を放射するArFエキシマレーザ

光源（不図示）、その光源からのパルス光の断面形状を整形するビームエクスパンダ（不図示）、その整形されたパルス光を入射して2次光源像（複数の点光源の集まり）を生成するフライ・アイレンズ等のオプティカルインテグレータ（不図示）、その2次光源像からのパルス光を均一な照度分布のパルス照明光にする集光レンズ系

（不図示）、そのパルス照明光の形状を走査露光時の走査方向（Y方向）と直交した方向（X方向）に長い矩形形状に整形するレチクルブラインド（照明視野絞り、不図示）、及びそのレチクルブラインドの矩形形状の開口からのパルス光ILを図1中のコンデンサーレンズ系12、ミラー14と協働してレチクルR上にスリット状又は矩形形状の照明領域A1として結像するためのリレー光学系（不図示）とを含んでいる。

【0013】レチクルRは、走査露光時には大きなストロークで1次元方向に等速移動可能なレチクルステージ16上に真空吸着（場合によっては静電吸着、機械締結）される。レチクルステージ16は、図1においては装置本体のコラム構造体19上を図中の左右（Y方向）にスキャン移動するようにガイドされ、図の紙面と垂直な方向（X方向）にも移動するようにガイドされる。そのレチクルステージ16のXY平面内での座標位置や微小回転量は、レチクルステージ16の一部に取り付けられた移動鏡（平面鏡やコーナミラー）MRにレーザビームを投射して、その反射ビームを受光するレーザ干渉計システム17によって逐次計測される。そしてレチクルステージ制御器20は、干渉計システム17によって計測されるXY座標位置に基づいてレチクルステージ16を駆動するためのリニアモータやボイスコイル等のモータ18を制御し、レチクルステージ16のスキャン方向の移動と非スキャン方向の移動とを制御する。

【0014】さて、コンデンサーレンズ系12とミラー14から射出された矩形形状のパルス照明光ILがレチクルR上の回路パターン領域の一部を照射すると、その照明領域A1内に存在するパターンからの結像光束が1/4倍の縮小投影レンズ系PLを通して、ウエハWの表面に塗布された感応性のレジスト層に結像投影される。その投影レンズ系PLの光軸AXは、円形イメージフィールドの中心点を通り、照明系10とコンデンサーレンズ系12の各光軸とも同軸になるように配置されている。また投影レンズ系PLは、波長193nmの紫外線に対して高い透過率を有する石英と螢石の2種類の硝材で作られた複数枚のレンズ素子で構成され、螢石は主に正のパワーを持つレンズ素子に使われる。さらに投影レンズ系PLの複数枚のレンズ素子を固定する鏡筒の内部は、波長193nmのパルス照明光の酸素による吸収を避けるために窒素ガスに置換されている。このような窒素ガスによる置換は照明系10の内部からコンデンサーレンズ系12（又はミラー14）までの光路に対しても同様に行われる。

【0015】ところで、ウエハWはその裏面を吸着するホルダテーブルWH上に保持される。このホルダテーブルWHの外周部全体には一定の高さで壁部LBが設けられ、この壁部LBの内側には液体LQが所定の深さで満たされている。そしてウエハWは、ホルダテーブルWHの内底部の窪み部分に真空吸着される。またホルダテーブルWHの内底部の周辺には、ウエハWの外周を所定の幅で取り囲むような環状の補助プレート部HRSが設けられている。この補助プレート部HRSの表面の高さは、ホルダテーブルWH上に吸着された標準的なウエハWの表面の高さとほぼ一致するように定められている。

【0016】この補助プレート部HRSの主要な機能は、フォーカス・レベリングセンサーの検出点がウエハWの外形エッジの外側に位置するような場合の代替のフォーカス検出面として利用されることである。また補助プレート部HRSは、ウエハW上のショット領域とレチクルR上の回路パターンとを相対的に位置合わせするときに使われるアライメントセンサーのキャリブレーションや、ショット領域を走査露光するときに使われるフォーカス・レベリングセンサーのキャリブレーションにも兼用可能である。ただしアライメントセンサーやフォーカス・レベリングセンサーのキャリブレーションは、補助プレート部HRSと個別に設けられた専用の基準マーク板を使う方が望ましい。この場合、基準マーク板も液浸状態で投影レンズ系PLの投影像面とほぼ同一の高さになるようにホルダテーブルWH上に取り付けられ、アライメントセンサーは基準マーク板上に形成された各種の基準マークを液浸状態で検出することになる。なお、テーブル上の基準マーク板を使ってフォーカスセンサーのシステム・オフセットをキャリブレーションする方法の一例は、例えば米国特許4,650,983号に開示され、各種アライメントセンサーのキャリブレーション方法の一例は、例えば米国特許5,243,195号に開示されている。

【0017】ところで図1に示した通り、本実施例では投影レンズ系PLの先端部を液体LQ内に浸けるので、少なくともその先端部は防水加工されて鏡筒内に液体が染み込まないような構造となっている。さらに、投影レンズ系PLの先端のレンズ素子の下面（ウエハWとの対向面）は平面、又は曲率半径が極めて大きい凸面に加工され、これにより、走査露光時にレンズ素子の下面とウエハWの表面との間で生じる液体LQの流れをスムーズにできる。さらに本実施例では、後で詳細に説明するが、液浸状態における投影レンズ系PLの最良結像面（レチクル共役面）が、先端のレンズ素子の下面から約2～1mmの位置に形成されるように設計されている。従って、先端のレンズ素子の下面とウエハWの表面との間に形成される液体層の厚みも2～1mm程度になり、これによって液体LQの温度調整の制御精度が緩和され、るとともに、その液体層内の温度分布ムラの発生も抑え

ることが可能となる。

【0018】さて、ホルダテーブルWHは、投影レンズ系PLの光軸AXに沿ったZ方向への並進移動（本実施例では粗移動と微動）と、光軸AXに垂直なXY平面に対する傾斜微動とが可能のように、XYステージ34上に取り付けられる。このXYステージ34はベース定盤30上をXY方向に2次元移動し、ホルダテーブルWHはXYステージ34上に3つのZ方向用のアクチュエータ32A、32B、32Cを介して取り付けられる。各アクチュエータ32A、B、Cは、10 ピエゾ伸縮素子、ボイスコイルモータ、DCモータとリフト・カムの組合わせ機構等で構成される。そして3つのZアクチュエータを同じ量だけZ方向に駆動させると、ホルダテーブルWHをZ方向（フォーカス方向）に平行移動させることができ、3つのZアクチュエータを互いに異なる量だけZ方向に駆動させると、ホルダテーブルWHの傾斜（チルト）方向とその量とが調整できる。

【0019】また、XYステージ34の2次元移動は、送りネジを回転させるDCモータや非接触に推力を発生させるリニアモータ等で構成される駆動モータ36によ10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599

定速度 V_w でスキャン移動させることによって、ウエハW上の対応したショット領域SAaに走査露光される。このとき、レチクルRを照明するパルス照明光ILの領域AIは、図2に示すようにレチクル上の領域Pa内でX方向に伸びた平行なスリット状又は矩形状に設定され、そのX方向の両端部は遮光帯SB上に位置する。

【0027】さて、レチクルR上の領域Pa内のパルス光照明領域AIに含まれる部分パターンは、投影レンズ系PL（レンズ系LGa、LGb）によってウエハW上のショット領域SAa内の対応した位置に像SIとして結像される。そしてレチクルR上のパターン領域PaとウエハW上のショット領域SAaとの相対走査が完了すると、ウエハWは例えばショット領域SAaの隣りのショット領域SAbに対する走査開始位置にくるように、一定量だけY方向にステップ移動される。このステップ移動の間、パルス照明光ILの照射は中断される。次に、レチクルRの領域Pa内のパターンの像がウエハW上のショット領域SAbに走査露光されるように、レチクルRをパルス光照明領域AIに対してY軸の正方向に一定速度 V_r で移動させつつ、ウエハWを投影像SIに対してY軸の負方向に一定速度 V_w で移動させることで、ショット領域SAb上に電子回路のパターン像が形成される。なお、エキシマレーザ光源からのパルス光を走査露光に用いる技術の一例は、例えば米国特許4, 924, 257号に開示されている。

【0028】ところで図1、2に示した投影露光装置は、レチクルR上の回路パターン領域の対角長が投影レンズ系PLの円形イメージフィールドの直径よりも小さい場合、照明系10内のレチクルブラインドの開口の形状や大きさを変えて、照明領域AIの形状をその回路パターン領域に合わせると、図1の装置をステップ・アンド・リピート方式のステッパーとして使うことができる。この場合、ウエハW上のショット領域を露光している間は、レチクルステージ16とXYステージ34とを相対的に静止状態にしておく。しかしながらその露光中にウエハWが微動するときは、その微動をレーザ干渉計システム33で計測して投影レンズ系PLに対するウエハWの微小な位置ずれ分をレチクルR側で追従補正するように、レチクルステージ16を微動制御すればよい。またレチクルブラインドの開口の形状や大きさを変える場合は、開口形状やサイズの変更に合せて、レチクルブラインドに達する光源からのパルス光を調整後の開口に見合った範囲に集中させるようなズームレンズ系を設けてもよい。

【0029】なお、図2から明らかなように、投影像SIの領域はX方向に延びたスリット状又は矩形状に設定されているため、走査露光中のチルト調整は本実施例では専らY軸回りの回転方向、すなわち走査露光の方向に対してローリング方向にのみ行われる。もちろん、投影像SIの領域の走査方向の幅が大きく、ウエハ表面の走

査方向に関するフラットネスの影響を考慮しなければならないときは、当然にX軸回りの回転方向、すなわちピッチング方向のチルト調整も走査露光中に行われる。

【0030】ここで、本実施例による露光装置の特徴であるホルダテーブルWH内の液体LQの状態について、図3を参照して説明する。図3は投影レンズ系PLの先端部からホルダテーブルWHまでの部分断面を表す。投影レンズ系PLの鏡筒内の先端には、下面Peが平面で上面が凸面の正レンズ素子LE1が固定されている。このレンズ素子LE1の下面Peは、鏡筒金物の先端部の端面と同一面となるように加工（フラッシュサフェス加工）されており、液体LQの流れが乱れることを抑えている。さらに投影レンズ系PLの鏡筒先端部で液体LQ内に浸かる外周角部114は、例えば図3のように大きな曲率で面取り加工されており、液体LQの流れに対する抵抗を小さくして不要な渦の発生や乱流を抑える。また、ホルダテーブルWHの内底部の中央には、ウエハWの裏面を真空吸着する複数の突出した吸着面113が形成されている。この吸着面113は、具体的には1mm程度の高さでウエハWの径方向に所定のピッチで同心円状に形成された複数の輪帯状ランド部として作られる。そして各輪帯状ランド部の中央に刻設された溝の各々は、テーブルWHの内部で真空吸着用真空源に接続される配管112につながっている。

【0031】さて、本実施例では図3に示したように、投影レンズ系PLの先端のレンズ素子LE1の下面PeとウエハW（又は補助プレート部HRS）の表面とのベストフォーカス状態での間隔Lは、2～1mm程度に設定される。そのため、ホルダテーブルWH内に満たされる液体LQの深さHqは、間隔Lに対して2～3倍程度以上であればよく、従ってホルダテーブルWHの周辺に立設された壁部LBの高さは数mm～10mm程度でよい。このように本実施例では、投影レンズ系PLのワーキングディスタンスとしての間隔Lを極めて小さくしたため、ホルダテーブルWH内に満たされる液体LQの総量も少なく済み、温度制御も容易になる。

【0032】ここで本実施例で使う液体LQは、入手が容易で取り扱いが簡単な純水を用いる。ただし本実施例では、液体LQの表面張力を減少させるとともに、界面活性力を増大させるために、ウエハWのレジスト層を溶解させず、且つレンズ素子の下面Peの光学コートに対する影響が無視できる脂肪族系の添加剤（液体）をわずかな割合で添加しておく。その添加剤としては、純水とほぼ等しい屈折率を有するメチルアルコール等が好ましい。このようにすると、純水中のメチルアルコール成分が蒸発して含有濃度が変化しても、液体LQの全体としての屈折率変化を極めて小さくできるといった利点が得られる。

【0033】さて、液体LQの温度はある目標温度に対して一定の精度で制御されるが、現在比較的容易に温度

制御できる精度は±0.01℃程度である。そこでこのような温度精度のもとでの現実的な液浸投影法を考えてみる。一般に空気屈折率の温度係数 N_a は約 $-9 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ であり、水の屈折率の温度係数 N_q は約 $-8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ であり、水の屈折率の温度係数 N_q の方が2桁程度も大きい。一方、ワーキングディスタンス L とすると、ワーキングディスタンス L を満たす媒質の温度変化(温度むら)量 ΔT に起因して生じる結像の波面収差量 ΔF は近似的に次式で表される。

$$\Delta F = L \cdot |N_a| \cdot \Delta T$$

【0034】ここで、液浸投影法を適用しない通常の投影露光の場合、ワーキングディスタンス L を10mm、温度変化量 ΔT を0.01℃としたときの波面収差量 ΔF_{air} は以下になる。

$$\Delta F_{air} = L \cdot |N_a| \cdot \Delta T \approx 0.09 \text{ nm}$$

また同じワーキングディスタンス L と温度変化量 ΔT の下で、液浸投影法を適用した場合に得られる波面収差量 ΔF_{iq} は以下になる。

$$\Delta F_{iq} = L \cdot |N_q| \cdot \Delta T \approx 8 \text{ nm}$$

【0035】この波面収差量は、一般に使用波長 λ の1/30ないしは1/50~1/100程度が望ましいとされているから、ArFエキシマレーザを使った場合に許容される最大の波面収差量 ΔF_{max} は、 $\lambda/30$ ないしは $\lambda/50 \sim \lambda/100$ 程度の6.43ないしは3.86~1.93nmに定められ、望ましくは $\lambda/100$ の1.93nm以下に定められる。ところで空気と水の0℃における各熱伝導率は、空気で0.0241W/mKとなり、水で0.561W/mKとなり、水の方が熱伝導が良く、水中に形成される光路内での温度むらは空気中のそれよりも小さくでき、結果的に液体中で発生する屈折率の揺らぎも小さくできる。しかしながら、式(3)に表したようにワーキングディスタンス L が10mm程度の場合、温度変化量 ΔT が0.01℃であったとしても、発生する波面収差量 ΔF_{iq} は許容収差量 ΔF_{max} を大きく越えてしまう。

【0036】そこで以上の考察から、許容波面収差量 ΔF_{max} を考慮した温度変化量 ΔT とワーキングディスタンス L との関係は、

$$\Delta F_{max} = \lambda/30 \geq L \cdot |N_q| \cdot \Delta T$$

ないしは、

$$\Delta F_{max} = \lambda/100 \geq L \cdot |N_q| \cdot \Delta T$$

となる。ここで、想定される温度変化量 ΔT を0.01℃、波長 λ を193nm、そして液体LQの屈折率変化量 N_q を $-8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ とすると、必要とされるワーキングディスタンス(液体層の厚み) L は、8mmないしは2.4mm以下となる。望ましくは、そのワーキングディスタンス L を液体LQがスムーズに流れる範囲内で2mmよりも小さくした方がよい。以上のように本実施例のように構成することにより、液体LQの温度制御が容易になるとともに、液体層内の温度変化に起因した

波面収差変化で生じる投影像の劣化が抑えられ、極めて高い解像力でレチクルRのパターンを投影露光することが可能となる。

【0037】

【第2の実施例の説明】次に、本発明の第2の実施例について図4を参照して説明する。本実施例は、先の第1の実施例にも同様に適用可能な液体LQの温度制御法とウエハWの交換時の液体LQの取り扱い方法とを示す。従って、図4において先の図1、3中の部材と同じものには同一の符号をつけてある。さて、図4においてホルダテーブルWHの内底部に円形の凹部として形成されたウエハ載置部には複数の吸着面113が形成されている。そして円形のウエハ載置部の周辺には、液体LQの供給と排出に用いる溝51が環状に形成され、その溝51の一部は、テーブルWH内に形成された通路52を介して、外部のパイプ53につながれている。またホルダテーブルWH内のウエハ載置部の直下と補助プレート部HRSの直下には、ペルチェ素子等の温度調整器50A、50Bが埋め込まれ、ホルダテーブルWH上の適当な位置(望ましくは複数ヶ所)には温度センサー55が取り付けられて、液体LQの温度が精密に検出される。そして温度調整器50A、50Bは、温度センサー55によって検出される液体LQの温度が一定値になるように、制御器60によって制御される。

【0038】一方、パイプ53は、切り替えバルブ62を介して、液体供給ユニット64と排出ポンプ66に接続されている。切り替えバルブ62は、制御器60からの指令に応答して、液体供給ユニット64からの液体LQをパイプ53に供給する流路か、パイプ53からの液体LQを排出ポンプ66を介して供給ユニット64に戻す流路かを切り替えるように動作する。また供給ユニット64内には、ホルダテーブルWH上の液体LQの全体を収容可能なリザーブタンク(不図示)と、このタンクから液体LQを供給するポンプ64Aと、そのポンプ64Aを含めタンク内の液体LQ全体を一定の温度に保つ温度調整器64Bとが設けられている。さらに以上の構成において、バルブ62、ポンプ64A、温度調整器64B、排出ポンプ66の各動作は、制御器60によって統括的に制御される。

【0039】さて、このような構成において、ウエハWがホルダテーブルWHの載置部上に搬送され、プリアライメントされた状態で複数の吸着面113上に載置されると、図3に示した真空吸着用の配管112を介して減圧固定される。この間、温度調整器50A、50Bは、目標となる温度に制御され続けている。そしてウエハWの真空吸着が完了すると、切り替えバルブ62がクローズ位置から供給ユニット64側に切り替わり、温度調整された液体LQがポンプ64Aの作動によって、パイプ53、通路52、溝51を介してホルダテーブルWHの壁部LBの内部に一定量だけ注入されて、切り替えバル

ブ62がクローズ位置に戻る。その後、ウエハWに対する露光が完了すると、直ちに切り替えバルブ62がクローズ位置から排出ポンプ66側に切り替わり、排出ポンプ66の作動によってテーブルWH上の液体LQが溝51、パイプ53を介して供給ユニット64のリザーブタンク内に戻される。そのタンク内に戻された液体LQは、リザーブタンク内の温度センサーからの検出信号に基づいて、次のウエハが準備できるまで温調器64Bによって精密に温度制御される。

【0040】このように本実施例によれば、液浸露光中の液体LQはホルダテーブルWH内の温度調整器50A、50Bによって温度制御され、ウエハ交換動作中は液体LQを供給ユニット64内に回収して温度制御するようにしたので、ウエハ交換が大気中で可能になるとともに、液体LQの大きな温度変化を防止できると云った利点がある。さらに本実施例によれば、ウエハ交換後にホルダテーブルWHに注入される液体LQは、たとえ設定温度に対して僅か（例えば0.5℃程度）に異なっていたとしても、液体層の深さHq（図3参照）が総じて浅いために比較的早く設定温度に到達し得るから、温度安定を待つ時間も短縮され得る。

【0041】

【第3の実施例の説明】次に第3の実施例について図5を参照して説明する。図5は先の図3の構成を改良したホルダテーブルWHの部分断面を表し、この実施例のホルダテーブルWHは、ウエハWを保持するウエハチャック90と、フォーカス・レベリングのためのZ方向移動とチルト移動を行うZLステージ82とに別れており、ZLステージ82上にウエハチャック90が載置されている。そしてZLステージ82は、3つのZアクチュエータ32A、32C（32Bは省略）を介して、XYステージ34上に設けられる。そしてチャック90には、図1、3、4と同様に、壁部LB、補助プレート部HR

S、真空吸着用の配管112、液体LQの供給、排出用のパイプ53（図4参照）に接続される通路53A、53Bがそれぞれ形成されている。ただし、通路53Aはウエハチャック90内部の補助プレート部HR Sの周辺部分につながっており、通路53Bはウエハチャック90内底部のウエハ載置部の最も低い部分につながっている。このようにウエハチャック90内の複数ヶ所に液体排出、注入用の通路を形成しておく、液体の出し入れが迅速に行われる。

【0042】さらに本実施例では、チャック90の中央部に3つ（2つのみ図示）の貫通孔91が形成され、この貫通孔91を通して上下動する3つ（2つのみ図示）のセンターアップピン83が、上下動駆動機構85の上に設けられている。この上下動駆動機構85は、XYステージ34側に固定される。その3つのセンターアップピン83は、ウエハ交換時にチャック90上のウエハWを載置面から一定量だけ持ち上げたり、ウエハWを載置

面上に下ろしたりするためのものであり、ウエハWがチャック90の載置面に真空吸着された状態では、図5に示すようにセンターアップピン83の先端面は、チャック90の載置面よりも下がった位置に設定される。

【0043】一方、本実施例で使用する投影レンズ系PLの先端部には、サブ鏡筒80の先端に光軸AXと垂直に固定された石英の平行平板CGが取り付けられ、したがって先端のレンズ素子LE1（平凸レンズ）が液体LQに浸かることがないように構成されている。本実施例では、この平行平板CGの下面とウエハWの表面との間隔が、見かけ上のワーキングディスタンスとなり、先の実施例と同様に2mm以下に設定される。またサブ鏡筒80の平行平板CGとの取付け面は防水加工され、サブ鏡筒80の内部には窒素ガスが充填されている。

【0044】このように投影レンズ系PLの先端に平行平板CGを設けるようにすると、投影レンズ系PLの実質的なバックフォーカス距離（屈折力を持つ先端の光学素子から像面までの距離）が10～15mm程度であっても、容易にワーキングディスタンスLを1～2mm程度にして液体の温度変化の影響を低減させた液浸投影法が実現できる。また、平行平板CGは後付けで設けることができるから、平行平板CGの表面の一部分を波長の数分の1程度のオーダーで研磨することにより、投影像内で生じている局所的な微小歪曲差（あるいはランダムなディストーション）を容易に修正することが可能となる。すなわち、平行平板CGは投影レンズ系PLの最先端のレンズ素子を液体から保護する窓としての機能と、ディストーション補正板としての機能とを兼ね備えることになる。なお、別の見方をすれば平行平板CGを含めて投影レンズ系PLの結像性能が保証されているので、平行平板CGが投影レンズ系PLの最先端の光学素子であることに変わりはない。

【0045】

【第4の実施例の説明】次に本発明の第4の実施例について図6を参照して説明する。本実施例は、先の図5に示した実施例とも関連し、ワーキングディスタンスを極めて小さくした投影光学系を液浸投影露光法に使用した場合のウエハ交換に関するものである。図6において、投影レンズ系PLの鏡筒の下端部には、図1に示したレーザ干渉計33からの参照用ビームBSrを受けて反射する参照ミラーML（X方向用とY方向用）が固定されている。そしてレーザ干渉計33からの測長用ビームBSmは、先の図5に示したようなZLステージ82の端部に固定された移動鏡MRwに投射され、その反射ビームはレーザ干渉計33に戻り、参照用ビームBSrの反射ビームと干渉して移動鏡MRwの反射面の座標位置、すなわちウエハWのX、Y方向の座標位置が、参照ミラーMLを基準として計測される。さて、本実施例においても、ZLステージ82は3つのZアクチュエータ32A、32B（32Cは省略）を介してXYステージ34

上に取り付けられ、Z方向とチルト方向とに移動可能となっている。ただし、Zステージ82は、その周辺の3ヶ所で板バネ84A、84B（84Cは省略）を介してXYステージ34と結合され、XYステージ34に対する水平方向（XY面内）の剛性が極めて大きくなるように支持される。

【0046】そして本実施例でも、先の図5と同様のウエハチャック90がZステージ82上に設けられるが、図5と異なる点は、ウエハチャック90を複数のZ方向の駆動機構88A、88Bによって比較的大きなストローク（10～15mm程度）でZステージ82に対してZ方向に移動する構成にしたことである。この駆動機構88A、88Bは、フォーカス・レベリングのためのZアクチュエータ32A、B、Cと異なり、ウエハチャック90をそのストロークの両端間で移動させるだけでよく、エア・シリンダやリンク機構等を使った簡単なエレベーション機能でよい。さらに図6の実施例では、先の図5に示したセンターアップピン83がXYステージ34上に上下動することなく固定されている。そして図6のようにウエハチャック90が最も上昇した状態では、ウエハWの表面が投影レンズ系PLの先端の光学素子の面から1～2mm程度に設定され、センターアップピン83の先端面はウエハチャック90のウエハ載置面よりもわずかに下側（2～3mm程度）に下がっている。

【0047】以上のような構成で、図6はウエハWに対する露光動作時の状態を表し、その露光動作が完了すると先の図4に示した液体LQの排出操作によってウエハチャック90上の液体LQを一時的に排出する。その後、ウエハチャック90の真空吸着が解除されると、駆動機構88A、88Bを作動させてウエハチャック90を図6の位置から最も下にダウンさせる。これによってウエハWは3つのセンターアップピン83の先端面上に載せ替えられるとともに、ウエハチャック90周辺の壁部LBの上端面が投影レンズ系PLの先端面（図3中ではレンズ素子LE1の下面Pe、図5中では平行平板CGの下面）よりも低くなるように位置決めされる。その状態でXYステージ34をウエハ交換位置まで移動させると、ウエハWは投影レンズ系PLの直下から引き出されて、搬送用のアーム95の方に移動する。このときアーム95は、ウエハチャック90の壁部LBの上端面よりは高く、且つセンターアップピン83上のウエハWよりは低くなるような高さに設定された状態で、ウエハWの下側に入り込む。それからアーム90はウエハWを上方向にわずかに持ち上げつつ真空吸着を行い、所定のアンロード位置に向けてウエハWを搬送する。ウエハWの搬入は、以上のシーケンスとは全く逆に行われる。

【0048】ところで図6に示したように、レーザ干渉計33が参照ビームBSrを投影レンズ系PLの参照ミラーMLに投射するような方式の場合、参照ビームBS

rの光路の直下に液体LQのプールが広がっているため、その液体LQの飽和蒸気の上昇によって参照ビームBSrの光路に揺らぎを与えることが考えられる。そこで本実施例では、参照ビームBSrの光路と液体LQとの間にカバー板87を配置し、液体LQから上昇する蒸気流を遮断して参照ビームBSrの光路で発生する揺らぎを防止する。

【0049】なお、カバー板87の上部空間には、参照ビームBSrの光路をより安定にするために、光路と交差する方向に温度制御された清浄な空気を送風してもよい。この場合、カバー板87は光路空調用の空気が直接液体LQに吹き付けられることを防止する機能も備えることになり、液体LQの不要な蒸発を低減させることができる。また、単なるカバー板87に代えて、参照ビームBSrの光路全体を遮風筒で覆う構成にしてもよい。

【0050】

【第5の実施例の説明】次に本発明の第5の実施例を図7（A）、（B）を参照して説明する。本実施例は先の図1に示したホルダテーブルWHの構造に、図5に示したセンターアップ機構（ピン83、Z駆動部85）を組合せたものであり、ウエハ交換を簡単にするようにホルダテーブルWHを改良したものである。そして図7

（B）はその改良されたホルダテーブルWHの平面を表し、図7（A）は図7（B）中の7A矢視の断面を表す。その図7（A）、（B）から分かるように、ホルダテーブルWHは、XYステージ34上に3つのZアクチュエータ32A、32C（32Bは省略）を介して保持され、ホルダテーブルWHの中央付近には3つの貫通孔91が設けられている。この貫通孔91には、駆動部85によって上下動するセンターアップピン83が通る。

【0051】先にも説明したように、投影レンズ系PLの最下端面の高さは、そのままでは補助プレート部HRS（ウエハW）の表面から2mm程度しか離れていない。さらにホルダテーブルWHの周辺に設けられた壁部LBの上端は投影レンズ系PLの最下端面よりも高い。従って、ウエハ交換のためにそのままXYステージ34を移動させて投影レンズ系PLの直下からウエハを引き出すように構成した場合、補助プレート部HRSの一部分の幅が投影レンズ系PLの鏡筒の直径寸法程度必要となり、液体LQが注入されるホルダテーブルWHの内容積を大きくすることになる。

【0052】そこで本実施例では、図7に示すようにホルダテーブルWHの壁部LBの一部を切り欠いて、そこに開閉自在な液密ドア部DBを設けた。この液密ドア部DBは、液体LQが注入されている間は常に図7

（A）、（B）のように壁部LBの切り欠き部を液密状態で閉じており、液体LQがホルダテーブルWH上から排出されると、図7（A）中の破線のように開くようになっている。その液密ドア部DBは、開いた状態では補助プレート部HRSの表面の高さよりも若干低くなるよ

うに設定されている。また液密ドア部D Bの内壁と接するホルダテーブルWH本体側の壁部分(壁部L Bの切り欠き部等)には、図7(B)のように液密性を確実にするOリングO Lが適宜の位置に設けられている。

【0053】以上のような構成において、ホルダテーブルWH上のウエハを交換する場合は、まずホルダテーブルWH内の液体L Qを排出してから、液密ドア部D Bを開く。その後、XYステージ3 4を図7中で右側に移動させると、ウエハは投影レンズ系P Lの直下から引き出されることになる。このとき、投影レンズ系P Lは丁度開いた液密ドア部D Bの上方空間に位置する。それからセンターアップピン8 3を上昇させてウエハを壁部L Bよりも高く持ち上げれば、ウエハは容易に交換することができる。

【0054】本実施例によれば、ホルダテーブルWHの周囲を取り囲む壁部L Bの直径を最小にすることが可能となり、ホルダテーブルWH内に満たされる液体L Qの総量を最小限に抑えることが可能となり、液体L Qの温度管理が容易になるだけでなく、液体L Qの注入排出時間も最小になるといった利点がある。なお、前記第4の実施例の構成のときには、ウエハチャックが下降するから特に液密ドア部を設ける必要はないが、第4の実施例の構成において、なおも液密ドア部を設けても良い。

【0055】

【第6の実施例の説明】次に図8は本発明の第6の実施例を示し、この実施例では下部容器7と上部容器8を用いている。ウエハ3を載置するウエハホルダー3 aは下部容器7の内面底部に形成されており、下部容器7の上面は上部容器8の底面によって密閉されており、下部容器7の全容積は浸液7 aによって完全に満たされている。他方上部容器8にも浸液8 aが満たされており、その浸液8 a内に投影光学系1の最終レンズ面1 aが浸されている。

【0056】下部容器7内の浸液7 aの一部分は、下部容器7の一側面に設けた排出口5より温度調節器6に導かれ、温度調節器6において温度調節を受けた後に、下部容器7の他側面に設けた注入口4より下部容器7に戻るよう循環している。下部容器7内の複数箇所には温度センサー(図示せず)が取り付けられており、温度調節器6は温度センサーからの出力に基づいて、下部容器7内の浸液7 aの温度が一定となるように制御している。また上部容器8内の浸液8 aについても、同様の温度調節機構が設けられている。

【0057】この実施例においては、下部容器7と上部容器8を一体として移動することにより、ウエハ3を移動している。他方、ウエハ3を収容した下部容器内の浸液は実質的に密閉されているから、温度安定性の点で有利であるだけでなく、浸液中の渦等の流れによる圧力分布も発生しない。すなわち浸液中の圧力分布は、屈折率の揺らぎとなり結像波面収差悪化の要因となるが、この

第6の実施例において圧力分布が問題になるのは、上部容器8に満たされた浸液8 aのみで、この部分の光路L_sを十分に短く形成することにより、ウエハ移動時の浸液流れの影響を実用上問題にならないレベルまで緩和することが出来る。

【0058】なお本実施例では下部容器7と上部容器8を一体として移動したが、下部容器7のみを移動し、上部容器8を固定することもできる。この構成のときには、上部容器8内の浸液8 aは完全に停止することになる。したがってワーキングディスタンスLのうちで、上部容器8内の浸液8 aの厚さL_sよりも、下部容器7内の浸液7 aの厚さL_tの方を十分に薄く形成することが好ましい。

【0059】

【その他の変形例の説明】以上、本発明の各実施例を説明したが、先の図1に示したように液浸投影露光時のワーキングディスタンスは1~2 mm程度と極めて小さいため、ウエハWに対する焦点合はオフ・アクシス方式のフォーカス・アライメントセンサーF A Dを使うものとした。しかしながら、例えば米国特許4, 801, 977号、米国特許4, 383, 757号等に開示されているように、投影レンズ系P Lの投影視野内の周辺部を介してフォーカス検出用のビームをウエハ上に投射してウエハ表面の高さ位置又は傾きを計測するT T L(スルーザレンズ)方式のフォーカス検出機構を設けてもよい。

【0060】また、図1に示したフォーカス・アライメントセンサーF A Dは、オフ・アクシス方式でウエハW上のアライメントマークを光学的に検出するものとしたが、このアライメントセンサーもレチクルRと投影レンズ系P Lとを通してウエハW上のマークを検出する図1中のT T Rアライメントセンサー4 5の他に、投影レンズ系P Lのみを通してウエハW上のマークを検出するT T L方式のアライメントセンサーとしてもよい。さらに本発明は、紫外線域(波長400 nm以下)のもとで投影露光する投影光学系を備えていれば、どのような構成の露光装置であっても全く同様に適用し得る。

【0061】

【発明の効果】以上のように本発明により、実現可能な温度コントロールの範囲内で、十分な結像性能が保証された液浸型の露光装置が提供された。また、液浸型露光装置におけるウエハのローディングとアンローディングに適したウエハステージの構造も提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による走査型の投影露光装置の全体的な構成を示す図である。

【図2】走査露光のシーケンスを模式的に説明するための斜視図である。

【図3】図1中の投影レンズ系付近の詳細な構成を示す部分断面図である。

【図4】本発明の第2の実施例による液体の温度制御と液体供給システムとを模式的に示すブロック図である。

【図5】本発明の第3の実施例によるウエハホルダーと投影レンズ系付近の構造を示す部分断面図である。

【図6】本発明の第4の実施例によるウエハホルダーと投影レンズ系付近の構造を示す部分断面図である。

【図7】本発明の第5の実施例によるホルダテーブルの構造を示す(A)断面図と、(B)平面図である。

【図8】本発明の第6の実施例の要部を示す概略断面図である。

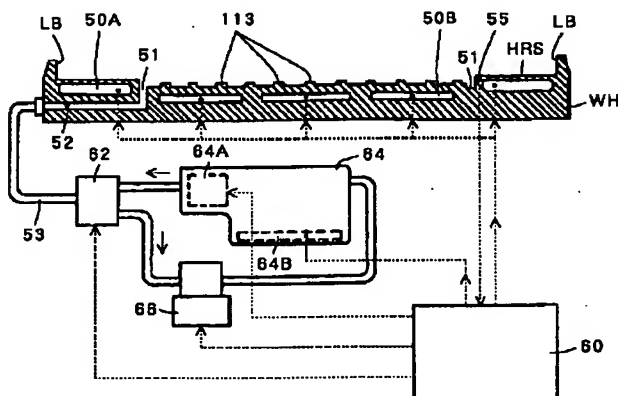
【符号の説明】

1…投影光学系
7、8…容器
3…ウエハ
4…注入口
6…温度調節器
10…照明系
14…ミラー
17…レーザ干渉計システム
19…コラム構造体
30…ベース定盤
2C…アクチュエータ
33…レーザ干渉計システム
35…ウエハステージ制御器
40…主制御器
51…溝51
53…パイプ
1a…最終レンズ面
7a、8a…浸液
3a…ウエハホルダー
5…排出口
L…ワーキングディ
12…コンデンサー
16…レチクルステ
18…モータ
20…レチクルステ
32A、32B、3
34…XYステージ
36…駆動モータ
50A、50B…温
52…通路
53A、53B…通

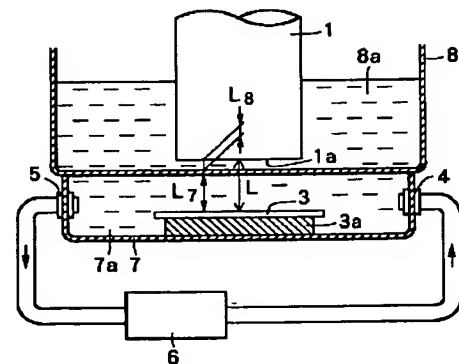
* 55…温度センサー
62…切り替えバルブ
64A…ポンプ
66…排出ポンプ
82…ZLステージ
ピン
84A、84B…板バネ
10 87…カバー板
動機構
90…ウエハチャック
95…アーム
113…吸着面
IL…パルス照明光
R…レチクル
領域
SB…遮光帯
AX…光軸
20 系
LGB…後群レンズ系
LE1…正レンズ素子
CG…平行平板
SAa、SAb…ショット領域
WH…ホルダテーブル
LQ…液体
ト部
DB…液密ドア部
FAD…フォーカス・アライメントセンサー
MRr、MRw…移動鏡
BSr…参照用ビーム
Sf…フォーカス信号
信号

60…制御器
64…液体供給ユニ
64B…温調器
80…サブ鏡筒
83…センターアッ
85…上下動駆動機
88A、88B…駆
91…貫通孔
112…配管
114…外周角部
AI…照明領域
Pa…回路パターン
PL…投影レンズ系
Lga…前群レンズ
Ep…射出瞳
Pe…下面
W…ウエハ
SI…投影像
LB…壁部
HRS…補助プレー
OL…Oリング
ML…参照ミラー
BSm…測長用ビー
Sa…アライメント

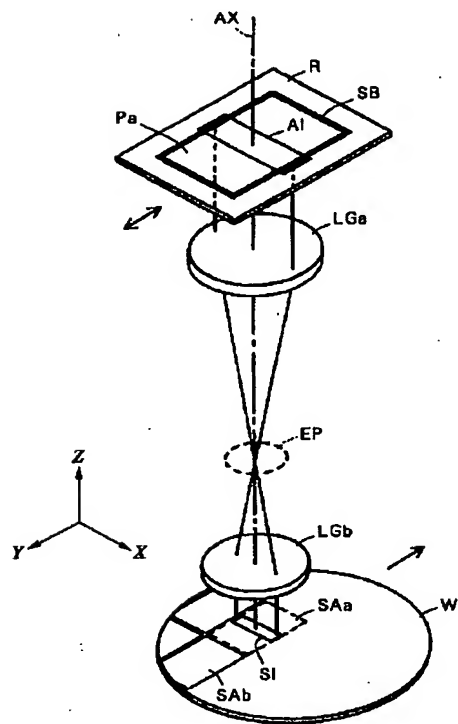
【図4】



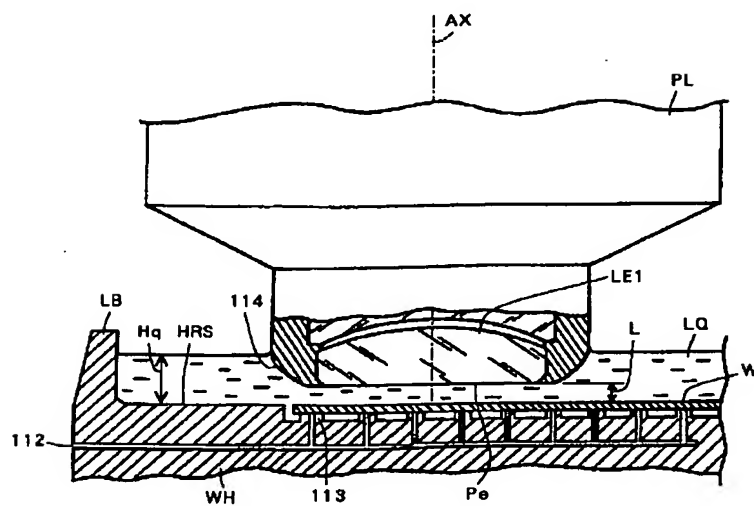
【図8】



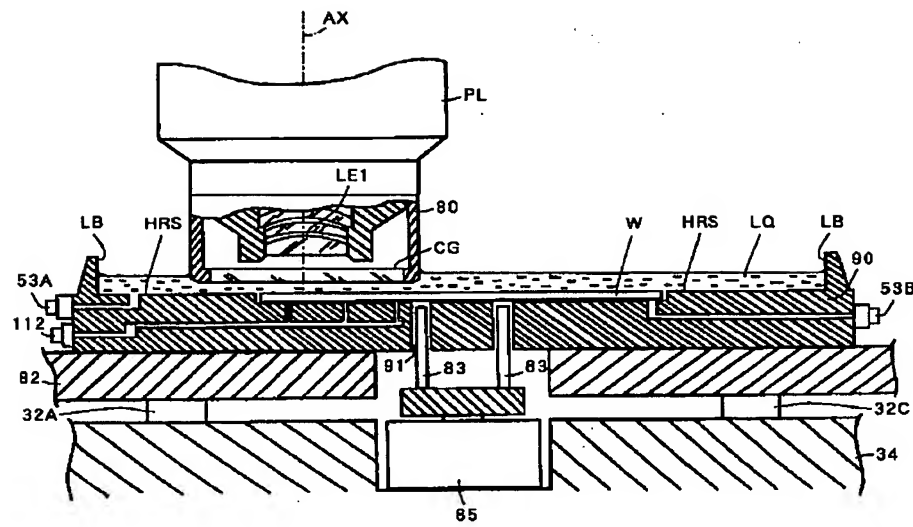
【図2】



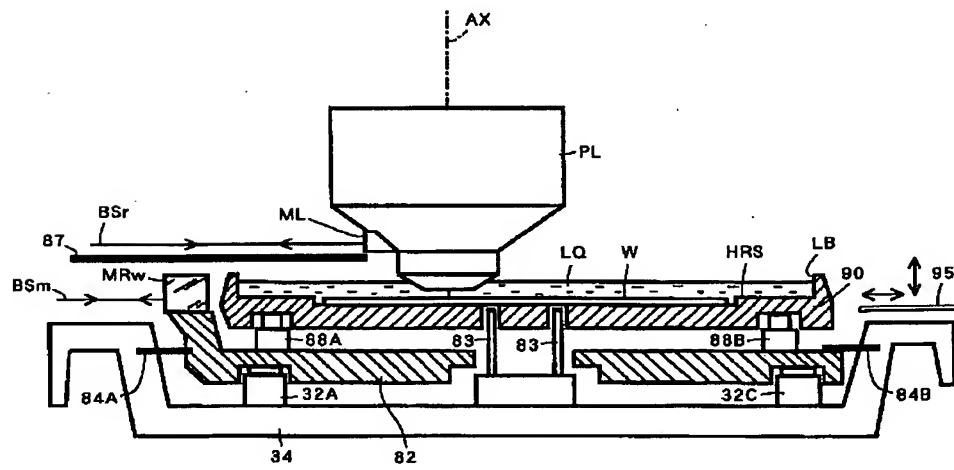
【図 3】



【図5】



【図6】



(A)

